Kollektiventscheidungen bei mehrfacher Zielsetzung in Unternehmen

- Ein integriertes computergestütztes Entscheidungssystem -

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaft
der Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Universität des Saarlandes
Saarbrücken

vorgelegt
von
Diplom-Kaufmann
Thomas Laukamm

Saarbrücken 1979

1980

Kollektiventscheidungen bei mehrfacher Zielsetzung in Unternehmen

- Ein integriertes computergestütztes Entscheidungssystem -

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaft
der Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Universität des Saarlandes
Saarbrücken

vorgelegt
von
Diplom-Kaufmann
Thomas Laukamm

Saarbrücken 1979

Gutachter: Prof. Dr. W. Dinkelbach, Saarbrücken
Prof. Dr. H.-J. Brink, Freiburg

Dekan: Prof. Dr. B. Tietz, Saarbrücken

Tag der Disputation: 1.Februar 1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

1. Einführung

1.1. Vorwort zum Anliegen der Untersuchung 1

1.2. Überblick über die Untersuchung 3

1.3. Mehrfache Zielsetzungen in Unternehmen 5

1.4. Kollektiventscheidungen 9

1.5. Konfliktbehandlung 12

2. Mathematische Verfahren der Vektoroptimierung 15

2.1. Das Verfahren nach GEOFFRION 15
2.1.1. Allgemeine Beschreibung 15
2.1.2. Der Algorithmus 17
2.1.3. Zum Problem der Nutzenfunktion 19
2.1.4. Zum Problem der optimalen Schrittweite 22
2.1.5. Die Ermittlung der Austauschraten 24
2.1.6. Beispiel 27
2.1.6.1. Die Ermittlung der Austauschraten 28
2.1.6.2. Die Bestimmung der optimalen Schrittweite 29
2.1.6.3. Dialog mit der Rechenanlage 30

2.2. Das STEM-Verfahren 33
2.2.1. Allgemeine Beschreibung 33
2.2.2. Die Pay-off-Tabelle 34
2.2.3. Die Rechenphase 35
2.2.4. Die Entscheidungsphase 37
2.2.5. Unterstützung der Entscheidungsphase 38
2.2.6. Grafische Entscheidungshilfen 40
2.2.7. Ablaufdiagramm STEM 44

2.3. Goal Programming 45
2.3.1. Allgemeine Beschreibung 45
2.3.2. Der Algorithmus des allgemeinen Goal Programming 46
2.3.2.1. Programmformulierung 46
2.3.2.2. Beispiel 47
2.3.2.3. Zielprioritäten und Gewichtungen 48
2.3.2.4. Beispiel 49
2.3.3. Interaktives Goal-Programming-Verfahren 52
2.3.3.1. Der Algorithmus 54

2.4. Anwendungsorientierter Vergleich der Verfahren 56
2.4.1. Das Verfahren von GEOFFRION 56
2.4.2. Das STEM-Verfahren 59
2.4.3. Goal Programming 63

3. Abbau interpersoneller Konflikte bei der Formulierung eines Entscheidungsmodells 65

3.1. Die Konflikte 65
3.2. Abbau der Divergenzen 69
3.2.1. Divergenzabbau bei Zielfunktionen 69
3.2.2. Divergenzabbau bei Restriktionen 71
3.3. Kosten eines Divergenzabbaus 73
3.4. Einschränkung des Divergenzabbaus 77
3.5. Zusammenfassung 80

4. Kollektive Entscheidungen durch Aggregation von Präferenzen 81

4.1. Definition und Charakteristika von Präferenzbeziehungen 81

4.2. Präferenzordnungen 82

4.3. Wahlmengen und Wahlfunktionen 83

4.4. Aggregationsfunktionen 85

4.5. Rationales Verhalten 87

4.6. Das ARROW-Theorem 89

4.7. Kardinale Präferenzaggregation 91

4.7.1. Zur Vermeidung von Intransitivität 91

4.7.2. Berücksichtigung von Mehrheitspräferenzen 94

4.7.3. Präferenzmanipulation zur Erreichung von Transitivität 96

5. Kollektive Entscheidungen durch Verhandlungen 99

5.1. Allgemeines 99

5.1.1. Der Verhandlungsprozeß 102

5.1.2. Zur Bedeutung von relevanter Information in Verhandlungen 109

5.1.3. Restricted Bargaining 116

5.1.3.1. Beispiel 119

5.1.3.2. Kritik 120

5.2. Einfache Verhandlungen zwischen zwei Personen 124

5.2.1. Der Verhandlungsspielraum 124

5.2.2. Die Lösung nach NASH 129

5.2.2.1. Beispiel 133

5.2.3. Das Verhandlungsmodell von ZEUTHEN 134

5.3. Allgemeine Zweipersonen-Verhandlungen 139

5.4. Verhandlungen zwischen mehreren Personen 144
5.4.1. Allgemeines 144
5.4.2. Einfache n-Personen-Verhandlungen (nach HARSANYI) 144

5.5. Kritik am Lösungskonzept von NASH 145

5.6. Die Lösung nach SHAPLEY 148
5.6.1. Die Charakteristische Funktion 148
5.6.2. Der SHAPLEY-Wert 150
5.6.2.1. Beispiel 152
5.6.2.2. Die Bewertung von Koalitionspartnern 154
5.6.2.2.1. Beispiel 154
5.6.3. Kritik 157

6. Ein integriertes Entscheidungssystem für computergestützte Kollektiventscheidungen bei mehrfacher Zielsetzung 160

6.1. Die Elemente des Systems und ihre Interdependenz 160

6.2. Die Integration der Entscheidungselemente 162

6.3. Ablaufdiagramm des integrierten Entscheidungssystems 165
6.3.1. Der formale Ablauf des Mensch-Maschine-Dialogs 165
6.3.2. Die Aktivitäten im Mensch-Maschine-Dialog des integrierten Entscheidungssystems 168

6.4. Anwendungsbeispiel 176

6.5. Grenzen einer automatisierten Entscheidungsfindung und zukünftige Forschungen 192

7. Anhang 195

7.1. Ergebnisse einer Untersuchung zum Einfluß relevanter Information auf Ausgangsforderungen in Verhandlungen 195

7.1.1. Erstbefragung 195

7.1.2. Nachbefragung 196

7.1.3. Ergebnisse der Nachbefragung 197

7.2. Fragebogen zur Nachbefragung 210

8. Literatur 214

1.1. Vorwort zum Anliegen der Untersuchung

Die vorliegende Arbeit erhebt weder den Anspruch,der Entscheidungstheorie einen neuen Baustein hinzuzufügen, noch soll die Theorie durch grundlegend neue Erkenntnisse bereichert werden.
Vielmehr ist es das Anliegen des Autors, bereits bekannte und erprobte Methoden der Entscheidungsfindung aus den Bereichen des Operations Research, der demokratischen Willensbildung sowie der Verhandlungstheorie zusammenzufügen zu einem integrierten Entscheidungssystem. In einem solchen System soll der Entscheidungsträger selbst weitgehend freigehalten werden von Verfahren, die die Mathematik zur Entscheidungsfindung anbietet. Stattdessen soll er die gewohnten Verhaltensweisen beibehalten können, die ihm für Entscheidungsprozesse vertraut sind. Die zur Optimierung dieses Prozesses notwendigen mathematischen Verfahren sollen dagegen in einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage gespeichert sein und in einem möglichst "menschlichen" Dialog dem Entscheidungsträger zur Unterstützung der Entscheidung angeboten werden. Dabei soll der Mensch nicht den Regeln einer vom Rechner vorgeschriebenen Entscheidungsprozedur streng unterworfen sein, sondern selbst durch sein Handeln den Zeitpunkt, den Inhalt und den Umfang einer Unterstützung durch ein Rechenprogramm bestimmen. Das Programm soll einen Weg weisen, möglichst schnell und effektiv zu einer für den Entscheidungsträger akzeptablen optimalen Entscheidung zu gelangen.

Der Faktor Mensch erhält bei einer Mehrpersonenentscheidung ein weit höheres Gewicht als bei einer Individualentscheidung. Diesem Umstand ist Rechnung zu tragen, wenn man nach Leitlinien für eine optimale Kollektiventscheidung sucht.

Daher ist der Versuch, ein derartiges Entscheidungssystem zu entwickeln, mehr anwendungsorientiert, als daß die

theoretischen Grundlagen umfassend analysiert werden. Das Ergebnis ist dann zwangsläufig ein Kompromiß zwischen der "Vollkommenheit der Theorie " und der " Unvollkommenheit des Menschen " .

Ausgangspunkt der folgenden Überlegungen ist die Erkenntnis, daß die aus dem Bereich des Operations Research stammenden interaktiven Verfahren zur Lösung von Problemen mit mehrfacher Zielsetzung, auch Vektormaximumprobleme genannt, ursprünglich für Individualentscheidungen konzipiert wurden und nicht ohne weiteres auf Kollektiventscheidungen übertragbar sind.

Bei dem Versuch, die Verfahren ohne Modifikation bei Mehrpersonenentscheidungen anzuwenden, zeigt sich nämlich, daß die Verfahren zwar geeignet sind, in zufriedenstellender Weise die geforderten Lösungen zu ermitteln, daß aber ein Entscheidungskollektiv im Gegensatz zum Entscheidungsindividuum außer den von den mathematischen Verfahren vorgeschriebenen Spielregeln noch weitere Regeln und Hilfsmittel benötigt, um den Entscheidungsprozeß zu initiieren, in Gang zu halten und zu einem befriedigenden Ergebnis zu führen. Erst dann sind die Lösungsverfahren effektiv nutzbar.

In dieser Arbeit soll nicht näher untersucht werden, worin die Unterschiede zwischen Individual- und Kollektiventscheidung im einzelnen liegen, sondern es wird versucht , allgemein bekannte Methoden kollektiver Entscheidungen mit den Verfahren zur Lösung des Vektormaximumproblems zu einem Entscheidungssystem zu verbinden. So bieten sich zum Beispiel Präferenzaggregation und Verhandlungsspiele für ein solches integriertes Entscheidungssystem an, da sie bereits vertraute, wirkungsvolle Elemente zwischenmenschlicher Entscheidungen sind, die es zu verbinden gilt mit modernen Methoden zur Selektion von Entscheidungsalterna-

tiven und zur Verarbeitung von entscheidungsrelevanten Daten.

Vom Standpunkt der Unternehmensforschung aus geht es darum, ihre erfolgreich entwickelten Verfahren zur Lösung des Vektormaximumproblems um bewährte, althergebrachte Methoden der Entscheidungsfindung bei Mehrpersonenentscheidungen zu ergänzen. Aus der Sicht der Entscheidungstheorie geht es darum, ihre Entscheidungsmethoden mit neuen Verfahren des Operations Research effektiv zu gestalten.

In jedem Fall bedeutet es, daß die von der Unternehmensforschung entwickelten Lösungsverfahren in ihrer Gewichtung relativiert werden. Erst im Zusammenspiel mit anderen Elementen der Entscheidungsfindung in einem übergeordneten Entscheidungssystem finden diese Verfahren ihren angemessenen, anwendungsorientierten Stellenwert.

1.2. Überblick über die Untersuchung

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in sieben Kapitel.

Nach einer Einführung in die Bedeutung von mehrfachen Zielsetzungen im Unternehmen, von Entscheidungen im Kollektiv und von unterschiedlichen Philosophien zur Konfliktbehandlung werden im zweiten Kapitel drei ausgewählte mathematische Verfahren zur Lösung des Vektormaximumproblems dargestellt. Der allgemeinen Beschreibung der Verfahren schließt sich jeweils ein numerisches Beispiel an, und es wird insbesondere auf die unterschiedlichen Probleme bei der Anwendung der Verfahren hingewiesen. Ein abschließender Vergleich der Verfahren ist überwiegend anwendungsorientiert.

Das dritte Kapitel ist dem Abbau interpersoneller Konflikte gewidmet, die sich vor allem bei der Formulierung eines zu lösenden Problems bereits ergeben. Es wird versucht, mit Hilfe einfacher mathematischer Überlegungen die bestehenden Divergenzen in einem gewissen Ausmaß einzugrenzen, um dadurch sowohl die Komplexität einer Problemformulierung einzuschränken als auch den einzelnen Entscheidungsträgern die Chance zu geben, ihre individuellen Präferenzen mit gebührendem Gewicht in die Formulierung eines Lösungsmodells einfließen zu lassen.

Im vierten Kapitel werden die Grundzüge einer Aggregation von Individualpräferenzen skizziert, wobei eine demokratische Abstimmung per einfacher Mehrheit im Mittelpunkt steht. Eine besondere Bedeutung wird der Existenz von Präferenzintensitäten beigemessen, welche dazu genutzt werden, Möglichkeiten einer kardinalen Präferenzaggregation aufzuzeigen, die der ordinalen in mancherlei Hinsicht deutlich überlegen erscheint.

Das fünfte Kapitel behandelt kollektive Entscheidungsprozesse, die durch interpersonelle Verhandlungen geprägt sind. Es werden sowohl Ansätze aus der Spieltheorie als auch aus der Verhandlungstheorie daraufhin überprüft, inwiefern sie geeignet sind, von den Entscheidungsträgern als fair anerkannte Verhandlungsergebnisse zu liefern und somit als Baustein eines übergeordneten Entscheidungssystems zu dienen. Auch hierbei stehen weniger die theoretischen Aussagen im Blickpunkt der Betrachtungen als vielmehr ihre praktische Anwendbarkeit.

Im sechsten Kapitel wird der Versuch unternommen, die aus den vorangegangenen Kapiteln gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich mathematischer Methoden zur Überwindung von Zielkonflikten und interpersonellen Divergenzen, Präferenzaggregation und Verhandlungsprozeduren zu einem übergeord-

neten integrierten Entscheidungssystem zusammenzufügen. Die verschiedenen Elemente aus den genannten Teilgebieten, die der Findung einer optimalen Mehrpersonenentscheidung dienlich sind, werden integriert zu einem System, in dem sich diese Elemente gegenseitig unterstützend und ergänzend den Entscheidungsträgern zur Hilfe anbieten, die vorhandenen Ziel- und Interessenkonflikte zu überwinden und zu einer akzeptablen Kompromißlösung zu gelangen. Dabei ist der Dialog zwischen den Entscheidungsträgern untereinander einerseits und zwischen Mensch und Rechenanlage andererseits von zentraler Bedeutung. Ein numerisches Beispiel skizziert in groben Zügen eine mögliche Anwendung des entwickelten integrierten Entscheidungssystems.

Das siebente Kapitel ist zwar als Anhang angegliedert, geht aber über den eigentlichen Charakter eines Anhangs hinaus. In ihm werden die Ergebnisse einer vom Autor durchgeführten empirischen Untersuchung näher erläutert, die sich mit dem Einfluß von relevanter Information auf Ausgangsforderungen in Verhandlungen befaßt und deren Resultate in knappem Umfang bereits Verwendung im vierten Kapitel gefunden haben.

1.3. Mehrfache Zielsetzungen in Unternehmungen

Es gilt als empirisch gesichert, daß eine Unternehmung mehr als nur ein Ziel anstrebt. So sind z. B. Gewinn, Marktmacht, Sicherheit, Image usw. Ziele, die gleichrangig oder in einer Prioritätshierarchie verfolgt werden.[1)]

---

1) Vgl. u. a. CZERANOWSKY/ STRUTZ (197o), HEINEN (197o), LEE (1972), DINKELBACH/ROSENBERG (1976), HAUSCHILDT (1977).

Sowohl die Ziele selbst als auch die Zielvorgaben sind im Zeitablauf Veränderungen unterworfen. [1)]

Wenn ein Ziel einen Zustand beschreibt, der für die Zukunft angestrebt wird und der vom gegenwärtigen Zustand im allgemeinen abweicht, dann hat derjenige, der die Entscheidung fällt, auch Entscheidungsträger genannt, zu bestimmen, ob die Zielvorgabe

a) exakt oder
b) möglichst weitgehend oder
c) mindestens bzw. höchstens erreicht werden soll, oder
d) Optimierungscharakter hat. [2)]

Im letztgenannten Fall geht das Ziel per Extremierungsvorschrift (Maximierung bzw. Minimierung) in ein Lösungsmodell ein, während für die anderen Fälle die Zielvorgabe durch explizite Angaben von Begrenzungsvektoren Berücksichtigung findet.

Während in der Literatur nur selten diese Unterscheidung vorgenommen wird und stattdessen Zielvorstellungen meist allein in entsprechenden Zielfunktionen ihren Niederschlag finden, soll in dem hier zu entwickelnden Entscheidungssystem besondere Aufmerksamkeit der Möglichkeit gewidmet werden, Ziele formal als Nebenbedingungen in ein Entscheidungsmodell einfließen zu lassen. Denn diese Art der Zielartikulation gewinnt bei Problemen mit Mehrfachzielsetzung besondere Bedeutung und erhält darüber hinaus bei Mehrpersonenentscheidungen zusätzliches Gewicht. Denn wenn ein Entscheidungsträger ein Ziel als Restriktion formuliert,

---

1) Vgl. u.a. HAMEL (1974).
2) Vgl. DINKELBACH (1978).

dann findet dieses definitionsgemäß vorrangig vor allen anderen Zielen Berücksichtigung, die per Zielfunktion lediglich eine Zielrichtung (Minimierung oder Maximierung) angeben.

SIMON umreißt die Bedeutung solch zielabhängiger Restriktionen kennzeichnend : " If you allow me to determine the constraints, I don't care who selects the optimization criterion. " [1] . Optimierungsprozesse werden durch derartige Nebenbedingungen erheblich eingeschränkt oder sogar unmöglich gemacht : " If goals are set a priori, nothing can be improved by optimization procedures. " [2]

Sind die verschiedenen Ziele einer Unternehmung nicht kompatibel, d. h.,ist die Erreichung eines Ziels nur zulasten eines anderen Ziels möglich, dann kommt es zu Zielkonflikten. Zur Überwindung dieses Konfliktes ist es denkbar, ein übergeordnetes Ziel (z.B. Nutzenmaximierung) zu suchen und dieses anstelle der konkurrierenden Ziele zu verfolgen. [3] Allerdings ist diese Methode, vor allem bei Mehrpersonenentscheidungen mit divergierenden Interessen, wenig praktikabel, sondern eher theoretischer Natur. Dagegen ist es in der Praxis eher möglich, die Lösung des Konfliktes in einem Kompromiß zu finden, bei dem die Präferenzen der Entscheidungsträger berücksichtigt werden und bei dem jedes Ziel möglichst weitgehend erreicht wird.

---

1) SIMON (1964),S. 6 .

2) ZELENY/COCHRANE(1973),S. 38o .

3) Vgl. dazu u. a. KNIPS (197o),S. 8 , LEE (1972),S.19, ROBBINS (1974),S. 62.

Der Verfolgung eines Ziels werden nicht nur durch konkurrierende Ziele, sondern auch und sogar vornehmlich durch die Rahmenbedingungen einer Entscheidung Grenzen gesetzt. Hierunter sind vor allem die technischen und ökonomischen Restriktionen wie beispielsweise Produktionskapazität, Finanzvolumen, Absatzmöglichkeiten usw. zu verstehen, die zumindest für die anstehende Entscheidung als unabänderliche Schranken anzusehen sind, die die Menge der möglichen Handlungsalternativen einengen. Sie sind zielunabhängig.

Zielfunktionen, zielabhängige Restriktionen und zielunabhängige Nebenbedingungen bilden ein Entscheidungsmodell, das sich formal folgendermaßen darstellen läßt:

$$\text{Maximiere } \{Z(x) \mid x \in X\},$$

d. h. aus der Alternativenmenge X ist die Alternative x zu bestimmen, die die Zielfunktionen $Z(x)$ im Sinne eines Kompromiß über X maximiert. Zu minimierende Zielfunktionen können per Vorzeichenwechsel in zu maximierende Funktionen umformuliert werden.

Zur Lösung dieses auch als Vektormaximumproblem bezeichneten Entscheidungsproblems stehen aus dem Bereich des Operations Research mathematische Verfahren der sogenannten Vektoroptimierung zur Verfügung. Sie ermitteln Alternativen mit der Eigenschaft der Effizienz. Dabei heißt eine Alternative dann effizient, wenn keine andere Alternative existiert, deren Zielfunktionswerte größer/gleich und in mindestens einer Komponente echt größer sind. [1)]

---

1) Vgl. dazu u. a. DINKELBACH (1969), S. 153 und DINKELBACH/DÜRR (1972).

Aus diesen auch als Pareto-optimal bezeichneten Alternativen wird unter Einbeziehung der Präferenzfunktion des Entscheidungsträgers die Lösung des Entscheidungsproblems bestimmt, sofern eine solche überhaupt existiert.

1. 4. Kollektiventscheidungen

Ebenso wie die Erkenntnis, daß Unternehmen zunehmend mehr als nur ein Ziel verfolgen, zur Entwicklung von Optimierungsverfahren bei Mehrfachzielsetzungen geführt hat, ist in der Entscheidungstheorie der wachsenden Bedeutung von Mehrpersonenentscheidungen Rechnung zu tragen.

Vor allem zunehmende Organisationsgröße, fortschreitende Demokratisierung und ansteigende Komplexität betrieblicher Entscheidungen machen in verstärktem Maße Kollektiventscheidungen notwendig.

Kann es bei der Einpersonenentscheidung zu Zielkonflikten kommen, so können im Entscheidungskollektiv noch Interessenkonflikte hinzutreten, die auf unterschiedlichen Präferenzordnungen der einzelnen Entscheidungsträger beruhen.[1)]

Eine in der Literatur immer wieder erwähnte Möglichkeit zur Reduzierung von Interessenkonflikten besteht darin, übergeordnete Ziele zu formulieren, die von allen Parteien verfolgt werden und die Konflikte in den Hintergrund treten lassen. Aber abgesehen davon, daß es oft schwierig ist, derartige Ziele zu finden, ist es empirisch und experimentell belegt, daß die auf diese Weise erzeugte Solidarität meist nur von kurzer Dauer ist.[2)]

---

1) Vgl. KNIPS (197o),S. 52 ff.

2) Vgl. u. a. SHERIF (1966), ROBBINS (1974).

Während bei der Individualentscheidung der Entscheidungsträger weitestgehend seinen eigenen Zielen folgt und dabei gegebenenfalls lediglich die Reaktion der von seiner Entscheidung betroffenen Umwelt einkalkuliert, hat in der Kollektiventscheidung das Individuum bereits in der Entscheidungsphase mit aktiven Strategien der anderen Entscheidungsträger zu rechnen und sein eigenes Verhalten darauf abzustimmen.[1)]

Im Kollektiv kann es zu Entscheidungen kommen, indem sich die Parteien gegenseitig überzeugen, eine bereits bekannte Alternative zu akzeptieren, oder aber, indem sie gemeinsam nach festgelegten Spielregeln nach einer allseits befriedigenden Alternative suchen.[2)]

Innerhalb des Entscheidungsgremiums können verschiedene Vorstellungen hinsichtlich eines Zielerreichungsgrades aufeinandertreffen. Der "Fixierer" ist auf eine bestimmte Zielerreichung fixiert, die er exakt erreichen möchte. Der " Approximierer " möchte einem gesetzten Ziel möglichst nahe kommen, wenn er es nicht voll erreichen kann. Der " Satisfizierer " hingegen sieht sein Ziel erreicht, wenn eine Entscheidung ihm die Erfüllung seines Anspruchsniveaus, einer gewissen Untergrenze des Zielfunktionswertes, garantiert. Der"Maximierer" schließlich hat keine feste Vorstellung über den Umfang der Erreichung seines Ziels ; er will seinen Zielwert maximiert wissen.[3)]

---

1) Vgl. u. a. HARSANY (1977), S.1o , BLIN/SATTERTHWAITE(1977).
2) Vgl. dazu u. a. KIRSCH (1971), S. 57 ff. , MARCH/SIMON (1958), S. 129
3) Zur Klassifizierung vgl. DINKELBACH (1978), S. 55 ff.

Bei einer Individualentscheidung kann der Entscheidungsträger nur hinsichtlich verschiedener Ziele unterschiedliche Ansprüche an die Zielerreichung stellen; bei einer Kollektiventscheidung dagegen können bezüglich desselben Ziels unterschiedliche Ansprüche vertreten sein, was ein besonderes Problem bei der Entscheidungsfindung darstellt.

Eine weitere Problematik bei Kollektiventscheidungen besteht in der Motivation der Gruppenmitglieder, eine Entscheidung tatsächlich kollektiv zu fällen. Während bei der Individualentscheidung der Entscheidungsträger im allgemeinen weiß, daß er zu einer Entscheidung kommen muß , um überhaupt weiterhin handlungsfähig zu sein, besteht für das Individuum in der kollektiven Entscheidung nicht zwingend eine Notwendigkeit, sich mit den anderen Mitgliedern des Kollektivs zu einigen, um eine Handlungsfähigkeit des Kollektivs oder des Individuums zu gewährleisten. Im Gegenteil : Je nach den Machtverhältnissen im Entscheidungsgremium kann es für einzelne Mitglieder sogar opportun sein, eine Einigung zu boykottieren, um die eigenen Zielvorstellungen durchzusetzen.

Um Entscheidungen kollektiv zu treffen, müssen also entweder innere Zwänge wirken, wie z. B. eine gegenseitige Abhängigkeit zwischen den Entscheidungsträgern hinsichtlich der zu treffenden Entscheidung, oder aber es muß ein äußerer Zwang die Parteien zur Kooperation bringen, wie z. B. eine institutionalisierte Entscheidungsvorschrift. Denn die Teilnahme an kollektiven Entscheidungsprozessen währt nur solange, wie dabei die Vorteile gegenüber einem Ausscheiden aus dem Kollektiv überwiegen.[1)]

---

1) Vgl. dazu u. a. KIRSCH(1971),S. 65 , KNIPS (197o),S. 55 , WEBER (1976),S. 11 .

1.5. Konfliktbehandlung

Zur allgemeinen Bewertung von Konflikten existieren unterschiedliche Philosophien, die sich -historisch gesehen- gewandelt oder gegenseitig abgelöst haben.

Nach ROBBINS [1] haben sich vor allem drei Philosophien in der Literatur durchgesetzt : Die traditionelle, die verhaltensorientierte und die interaktionistische.

Bis fast zur Mitte des 2o. Jahrhunderts herrschte die traditionelle Konfliktphilosophie vor. Sie bezeichnet jeden Konflikt als destruktiv und erklärt es zum Ziel, Konflikte zu vermeiden und möglichst von der Unternehmung fernzuhalten : " In so far as administrators have been troubled by conflict within their organizations, they have sought not so much to understand its origins as to find ways of reducing it. " [2]

Die verhaltensorientierte Philosophie hingegen, wie sie heute meist verbreitet ist, geht von der Erkenntnis aus, daß eine Unternehmung kein konfliktfreier Raum ist und sein kann. Sie bietet Methoden des Konflikt-Managements an, wobei es nicht um eine Konfliktvermeidung geht, sondern um die Erkennung und Überwindung von Konflikten innerhalb einer Organisation. Diese Philosophie erkennt an,

---

1) ROBBINS (1974), S. 12 ff.
2) EPHRON (1961), S. 53.

daß " the absence of conflict may indicate autocracy, uniformity, stagnation and mental fixity ; the presence of conflict may be indicative of democracy, diversity, growth and self - actualization. " [1]

Die interaktionistische Konfliktphilosophie geht noch einen Schritt weiter. Ihre Anhänger, vor allen KATZ, KAHN [2] und GROSS [3] , fanden erst in jüngster Zeit Anerkennung mit ihrer betont positiven Bewertung von Konfliktsituationen. [4] Sie bezeichnen das Konflikt-Management als eine der Hauptaufgaben eines jeden Managers. Im Gegensatz zur verhaltensorientierten Philosophie schließt hier das Konflikt-Management eine Stimulation von Konflikten ebenso ein wie das Lösen von Konflikten. Explizit oppositionelle Haltungen werden ermutigt, und die Existenz von Konflikten wird als notwendig angesehen, um Kreativität, Wachstum und Erfolg zu fördern: " Conflict is <u>the</u> vital seed from which growth and success germinate. " [5]

Es gibt experimentelle Bestätigungen dafür, daß in Entscheidungsgruppen mit starken interpersonellen Konflikten qualitativ bessere Entscheidungen zustande kommen als in weniger konfliktreichen Gruppen. [6]

---

1) RICO (1964), S. 67.
2) Vgl. KATZ/KAHN (1966).
3) Vgl. GROSS (1964).
4) Vgl. ROBBINS (1974), S. 12 .
5) ROBBINS (1974), S. 15.
6) Vgl. HALL/WILLIAMS(1966), S. 217 .

Die unterschiedlichen Philosophien zur Konflikthandhabung machen deutlich, von welch grundsätzlicher Bedeutung die Philosophie für den einzelnen Entscheidungsträger bei der Behandlung eines Konflikts ist. Im folgenden soll nicht im Sinne der traditionellen Philosophie ein Konzept zur Vermeidung von Konflikten entwickelt werden, sondern in Anerkenntnis der Tatsache, daß jeder interpersonelle Konflikt neben seinen unangenehmen Auswirkungen eindeutig konstruktive Effekte in sachlicher Hinsicht zeigt , sollen Möglichkeiten untersucht werden, Ziel- und Interessenkonflikte zum Zwecke optimaler Entscheidungen mittels geeignet erscheinender Methoden zu überwinden.

2. Mathematische Verfahren der Vektoroptimierung

Im folgenden Kapitel werden drei ausgewählte Verfahren zur Lösung des Vektormaximumproblems beschrieben und auf ihre Anwendungsmöglichkeiten hin untersucht.

2.1. Das Verfahren nach GEOFFRION

2.1.1. Allgemeine Beschreibung

Stark vereinfacht und anschaulich läßt sich das Verfahren wie folgt beschreiben:

Gegeben ist ein Optimierungsproblem mit mehreren Zielfunktionen und einem beschränkten, konvexen Lösungsraum.

Für den Entscheidungsträger existiert eine Nutzenfunktion, die explizit nicht bekannt ist. Jedoch ist er in der Lage, zu jeder zulässigen Lösung des Problems die für ihn subjektiv gültigen Grenzraten der Substitution zwischen den verschiedenen Zielen anzugeben.

Diese Information ermöglicht es, - geometrisch betrachtet - in jedem zulässigen Lösungspunkt die Steigung der ihn durchlaufenden Indifferenz-Hyperfläche (bzw. -Kurve bei zweidimensionalen Problemen) zu ermitteln.

Diese Steigung, die in dem betreffenden Lösungspunkt identisch ist mit jener der tangierenden Hyperebene (bzw. Tangente bei zweidimensionalen Problemen) durch diesen Punkt, gibt die Richtung an, in der der Nutzen des Entscheidungsträgers am stärksten ansteigt.

Ausgehend von einer zulässigen Lösung wird diese Richtung durch die Berechnung des entsprechenden Gradienten festgestellt und durch ein Rechenprogramm ein weiterer zulässiger Lösungspunkt bestimmt, der in eben dieser Richtung sich befindet.

Der Entscheidungsträger gibt an, ob er diesen Lösungspunkt akzeptiert oder wieweit er - von der Anfangslösung ausgehend - auf diesen Punkt zugehen möchte. Dadurch bestimmt er einen weiteren Lösungspunkt.

Akzeptiert er diesen nicht, so wird diese Lösung zum Ausgangspunkt einer weiteren Iteration, die wiederum mit der Feststellung der entsprechenden Grenzaustauschraten beginnt.

Der Iterationsprozeß endet damit, daß der Entscheidungsträger eine Lösung akzeptiert oder aber weitere Iterationen keine veränderte Lösung erbringen.

2.1.2. Der Algorithmus

Im folgenden soll der von GEOFFRION [1] entwickelte interaktive Lösungsansatz näher erläutert werden. Der Algorithmus von FRANK-WOLFE findet bei diesem Verfahren Anwendung.[2]

Das Vektormaximumproblem wird formuliert als

$$\text{Maximiere} \quad \{ U (f_1(x), f_2(x), \ldots, f_r(x)) \mid x \in X \} \qquad (2.1.1.)$$

wobei:

$f_1(x), \ldots, f_r(x)$:= r reellwertige Zielfunktionen

X := zulässiger Lösungsbereich in R^n bezüglich x

x := n-dimensionaler Vektor der reellwertigen Entscheidungsvariablen $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$

$U (f_1(x), \ldots, f_r(x))$:= Nutzenfunktion des Entscheidungsträgers bezüglich der Zielfunktionen

Während der beschränkte zulässige Lösungsbereich X und die Zielfunktionen f_i $(i = 1, \ldots, r)$ als bekannt vorausgesetzt werden, wird nicht davon ausgegangen, daß die Nutzenfunktion U explizit bekannt ist.

Des weiteren wird angenommen, daß X abgeschlossen und konvex ist, und daß U differenzierbar ist in X und für steigende Werte von f_i ebenfalls wächst. Der Fall, daß für eine Zielfunktion bei steigendem Wert die Nutzenfunktion U fällt, wird durch entsprechenden Vorzeichenwechsel berücksichtigt. [3]

---

1) GEOFFRION (1970) und GEOFFRION/DYER/FEINBERG (1972).

2) FRANK/WOLFE (1956).

3) vgl. dazu auch AGARWAL (1973), S.69 .

Die Lösung von (2.1.1.) wird durch folgenden Algorithmus gefunden:

0.Schritt: Wähle eine Ausgangslösung $x^k \in X$. Setze $k = 1$.

1.Schritt: Bestimme eine optimale Lösung des "Richtungsproblems"

(2.1.2) Maximiere $\{ \nabla_x U (f_1(x^k), \ldots, f_r(x^k)) y \mid y \in X \}$

Setze $d^k = y^k - x^k$

2.Schritt: Bestimme eine optimale Lösung des "Schrittweitenproblems"

(2.1.3) Maximiere $\{ U (f_1(x^k + td^k), \ldots, f_r(x^k + td^k)) \mid 0 \leq t \leq 1 \}$

3.Schritt: Wird diese Lösung nicht akzeptiert, dann setze

$x^{k+1} = x^k + t^k d^k$ mit $k = k + 1$

und kehre zurück zum 1.Schritt.

Diese Prozedur wird solange wiederholt, bis eine vom Entscheidungsträger akzeptierte Lösung gefunden ist.

Anschaulich ausgedrückt bedeutet diese Vorgehensweise: Im ersten Schritt wird die beste Richtung ermittelt, in der man sich vom Ausgangspunkt x^k fortbewegen will, wobei die Tangente (bzw. tangierende Hyperebene) der Nutzenfunktion in x^k zugrunde gelegt wird.

Danach bestimmt der Entscheidungsträger im zweiten Schritt durch t den Betrag, um den er sich in dieser günstigsten Richtung bewegen muß, damit seine Nutzenfunktion maximiert wird.

Diese sich wiederholende Prozedur erzeugt jeweils verbesserte Lösungen des ursprünglichen Problems (2.1.1) hinsichtlich der Nutzenfunktion bis zur Findung einer optimalen, vom Entscheidungsträger akzeptierten Lösung.[1)]

2.1.3. Zum Problem der Nutzenfunktion

Da sowohl der erste als auch der zweite Schritt Kenntnisse über die nicht explizit bekannte Nutzenfunktion U verlangen, ist bei dieser Prozedur eine Interaktion von Entscheidungsträger und Rechenprogramm notwendig.

Dabei wird der Entscheidungsträger vom Rechner bei den einzelnen Lösungen der Iterationen nach seinen jeweils gültigen Grenzraten der Substituion zwischen den Zielgrößen in diesem Lösungspunkt befragt. Denn diese Austauschraten lassen sich zur näherungsweisen Schätzung der Richtung der jeweiligen Gradienten der Nutzenfunktion heranziehen.

Die Funktion (2.1.2) läßt sich folgendermaßen umformulieren:

$$(2.1.4) \quad \nabla_x U\,(\,f_1(x^k),\ldots,f_r(x^k)\,)\cdot y = \sum_{i}^{r} \left(\frac{\partial U}{\partial f_i} \right)^k \nabla_x f_i(x^k)\cdot y$$

wobei:

$\left(\partial U/\partial f_i \right)^k$:= i-te partielle Ableitung von U bei den Funktionswerten $(\,f_1(x^k),\ldots,f_r(x^k)\,)$

---

1) Zur Konvergenz s. HOGAN (1971), hier zitiert nach GEOFFRION/DYER/FEINBERG (1972), S.358.

$\nabla_x f_i(x^k)$:= Gradient der Funktion f_i, bewertet mit dem Vektor x^k

Somit wird aus (2.1.4)

$$\text{Maximiere } \{ \sum_i^r (\partial U/\partial f_i)^k \nabla_x f_i(x^k) \cdot y \mid y \in X \} \quad (2.1.5)$$

Dabei ist es jetzt allerdings noch nötig, die Werte für die $(\partial U/\partial f_i)^k$ mit $(i = 1,\ldots,r)$ trotz der nicht explizit bekannten Nutzenfunktion zu bestimmen.

Die Lösung von (2.1.5) wird nicht verändert, wenn man die Zielfunktion (2.1.5) mit einem positiven Skalar multipliziert.

Es wird die Funktion durch den Quotienten $(\partial U/\partial f_1)^k$ dividiert. Statt der Zielfunktion f_1 kann auch jede andere der r Funktionen herangezogen werden. Die hierfür ausgewählte Funktion wird als "Referenz-Zielfunktion" bezeichnet.[1]

Es soll sein

$$w_i^k = (\partial U/\partial f_i)^k / (\partial U/\partial f_1)^k \quad \text{mit } (i = 1,\ldots,r) \quad (2.1.6)$$

Dann ergibt sich (2.1.5) nach Division durch den Quotienten $(\partial U/\partial f_1)^k$ als

$$\text{Maximiere } \{ \sum_i^r w_i^k \nabla_x f_i(x^k) \cdot y \mid y \in X \} \quad (2.1.7)$$

---

1) GEOFFRION/DYER/FEINBERG (1972), S.359.

Bei den Gewichtungsfaktoren w_i^k mit ($i = 1,\ldots,r$) handelt es sich um die Grenzraten der Substitution im jeweils aktuellen Lösungspunkt, jeweils auf die Referenz-Zielfunktion bezogen. Der Vektor dieser Substitutionsraten ist dann, wenn f_1 Referenz-Zielfunktion ist:

$$\left\{ 1 , \left(\frac{\partial U/\partial f_2}{\partial U/\partial f_1}\right)^k , \ldots , \left(\frac{\partial U/\partial f_r}{\partial U/\partial f_1}\right)^k \right\} \qquad (2.1.8)$$

Vom Entscheidungsträger müssen diese Grenzraten der Substitution zwischen jedem f_i mit ($i = 2,\ldots,r$) und f_1 im jeweils aktuellen Lösungspunkt erfragt werden.

Da sich bei infinitesimalen Änderungen der aktuellen Lösungswerte die w_i^k näherungsweise darstellen lassen als

$$w_i^k = \frac{(\partial U/\partial f_i)^k}{(\partial U/\partial f_1)^k} \cong - \frac{\Delta f_1^k}{\Delta f_i^k} \qquad \text{mit } i = 1,\ldots,r \ ,$$

hat der Entscheidungsträger die Frage zu beantworten:

Wenn alle anderen Zielfunktionen ihre gerade aktuellen Werte beibehalten, welche Erhöhung des Wertes der Zielfunktion f_i um Δ_i würde dann gerade eine Verringerung des Wertes der Zielfunktion f_1 um Δ_1 kompensieren ?

Der Faktor w_i^k gibt die Steigung der Indifferenzkurve bezüglich des Zieles 1 und des Zieles i im lokalen Lösungspunkt x^k an (s. Abb. 2.1.1).

Das Problem der nicht explizit bekannten Nutzenfunktion reduziert sich im 1.Schritt des Algorithmus also auf die approximative Bestimmung der Grenzaustauschraten zwischen jeweils zwei Zielen.

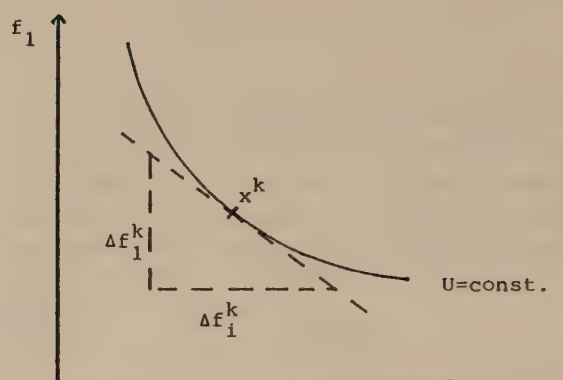


Abb.2.1.1: Grenzrate der Substitution w_i^k (näherungsweise)

Es ist dabei gleichgültig, welches Ziel als Referenzziel gewählt wird, und prinzipiell reicht es aus, r-1 Austauschraten, jeweils bezogen auf dasselbe Referenzziel, vom Entscheidungsträger zu erfragen. Allerdings kann es zur Überprüfung der Konsistenz der Antworten sinnvoll sein, die Substitutionsraten des Entscheidungsträgers bezüglich anderer Referenzziele ebenfalls zu erfahren.[1)]

Kann der Entscheidungsträger die Austauschrate zwischen einem Ziel und dem Referenzziel nicht angeben, so wird versucht, diese über die Austauschrate zu einem anderen Ziel indirekt zu bestimmen.[2)]

2.1.4. Zum Problem der optimalen Schrittweite

Nach der Bestimmung der besten Richtung hat der Entscheidungsträger im 2.Schritt das Problem der Schrittweite zu lösen. Zu diesem Zweck erhält er die r Zielfunktionswerte

---

1) Vgl. GEOFFRION/DYER/FEINBERG (1972), S.360.

2) Vgl.dazu Beispiel in GEOFFRION/DYER/FEINBERG (1972),S.363.

$f_i(x^k + td^k)$ in Abhängigkeit von t mit ($0 \leq t \leq 1$) vorgelegt. Dieses geschieht entweder grafisch, indem man die Funktionswerte in Abhängigkeit von t in einem Koordinatenkreuz darstellt, oder durch vom Computer ausgedruckte Tabellen, in denen ausgesuchten Werten für t die entsprechenden Funktionswerte gegenübergestellt werden.

Da es sich bei den Zielfunktionen $f_i(x)$ um lineare Funktionen handelt, ist eine grafische Darstellung einfach und übersichtlich (s.Abb. 2.1.2).

Und solange das Entscheidungsmodell nur relativ wenige Zielfunktionen enthält, ist es für den Entscheidungsträger nicht schwer, dieses auf einen Parameter, (t), beschränkte Optimierungsproblem der Schrittweite zu lösen.[1)]

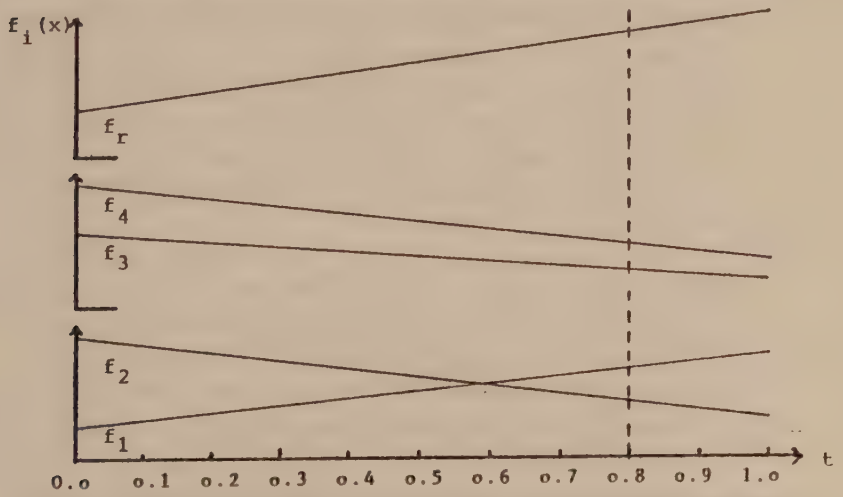


Abb.2.1.2:Grafische Darstellung des Schrittweitenproblems: Je Schrittweite t kann der Entscheidungsträger die entsprechenden Zielfunktionswerte ablesen (z.B. bei t = 0,8)

---

1) Lt. GEOFFRION/DYER/FEINBERG (1972),S.360, sind mindestens 6 bis 8 Zielfunktionen auf diese Weise ohne Schwierigkeiten zu bewältigen.

Nach der Vollziehung dieses zweiten Schrittes ist eine Iteration beendet, und die Prozedur wird solange wiederholt, bis der Entscheidungsträger eine Lösung für das Vektormaximumproblem nicht mehr zu verändern wünscht und somit akzeptiert, oder aber weitere Iterationen keine veränderte Lösung erbringen.

2.1.5. Die Ermittlung der Austauschraten

Zur Bestimmung der Grenzraten der Substitution in den jeweiligen Lösungspunkten des Iterationsprozesses gibt es - neben anderen - vor allen die folgenden vier Methoden:[1)]

(1) Der Entscheidungsträger gibt die Austauschraten bezüglich seiner Präferenzfunktion an, indem er für den aktuellen Lösungspunkt die verschiedenen Ziele in Relation zu einem Referenzziel setzt und im paarweisen Vergleich bestimmt, welche Änderungsraten in den jeweiligen Zielfunktionswerten für ihn gleichwertig sind.

(2) Der Entscheidungsträger erklärt durch paarweisen Vergleich von Vektoren der Zielfunktionswerte seine Präferenz bzw. Indifferenz.
Dabei wird zunächst der Wert der Referenz-Zielfunktion f_1^k um Δf_1^k verändert und danach ein Zielfunktionswert f_i im selben Vektor solange sukzessive variiert, bis der Entscheidungsträger beiden Lösungsvektoren - dem veränderten und dem unveränderten - indifferent gegenübersteht.

---

1) Vgl. AGARWAL (1973), S.74 ff.

Diese vergleichende Analyse wird nacheinander für alle f_i^k mit (i = 2,...,r) bezüglich des gerade aktuellen Lösungsvektors x^k durchgeführt, wobei jeweils die anderen Zielfunktionswerte unverändert beibehalten werden.

Auf diese Weise ermittelt man die r-1 Austauschraten zwischen den Zielen und dem Referenzziel, die dann zur näherungsweisen Berechnung der Grenzaustauschraten dienen.

(3) Der Entscheidungsträger gibt die Substitutionsraten zwischen den Zielen grafisch an. In einem Koordinaten-Kreuz mit den Achsen "f_1" (Referenzzielfunktionswerte) und "f_i" wird zunächst der aktuelle Lösungspunkt A mit den Koordinaten (f_1^A , f_i^A) eingetragen (vgl.dazu Abb. 2.1.3).

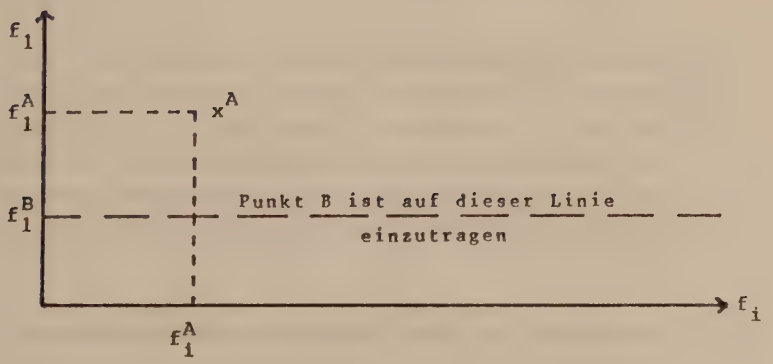


Abb.2.1.3: Grafische Methode zur Bestimmung der Austauschraten

Dann wird der Betrag von f_1^A um Δf_1 verändert (zum Beispiel um eine Einheit vermindert) auf f_1^B und parallel zur f_i-Achse im Abstand von f_1^B eine Linie gezogen. Auf dieser hat der Entscheidungsträger mit f_i^B den Punkt B einzutragen, für den folgendes gilt:

$f_i^B - f_i^A = \Delta f_i$ = der Betrag, der die Veränderung von f_1^A auf f_1^B bezüglich der übergeordneten Nutzenfunktion genau kompensiert.

Durch die Änderungsraten Δf_1 und Δf_i ist die Grenzrate der Substitution hinsichtlich des Referenzzieles näherungsweise bestimmbar.

Diese grafische Bestimmung der Austauschraten wird für alle f_i mit ($i = 2,\ldots,r$) durchgeführt, wobei jeweils die Werte der restlichen r-2 Zielfunktionen konstant gelassen werden.

(4) Wenn der Entscheidungsträger selbst nur sehr vage Vorstellungen über sein Präferenzsystem hat, wird er gebeten anzugeben, wie groß für ihn die Verringerung eines Zielfunktionswertes mindestens ausfallen muß, damit er überhaupt eine entsprechende Kompensation durch den Wert einer anderen Zielfunktion fordert.

Durch diese Sensitivitätsanalyse können dann die Austauschraten ermittelt werden.[1)]

---

1) IJIRI schlägt vor, daß im Falle einer aktuellen Schätzung von Austauschraten allgemein Erfahrungswerte aus der Vergangenheit herangezogen werden sollten; IJIRI (1973).

2.1.6. Beispiel

Im folgenden soll das Lösungsverfahren von GEOFFRION an einem Beispiel demonstriert werden, das von DYER[1)] an der University of California, Los Angeles, gerechnet wurde. Dabei werden nicht die vom Computer durchgeführten Rechnungen dargestellt, sondern lediglich die von der Rechenanlage gelieferten Informationen und die Reaktion des Entscheidungsträgers. Dadurch soll vor allem der interaktive Charakter des Verfahrens herausgestellt werden.

Das Computerprogramm ist auf einen Dialog zwischen Rechner und Entscheidungsträger ausgerichtet. Dabei werden dem Entscheidungsträger effiziente Lösungen vorgelegt, zu denen er sich äußern muß. Solange er keine dieser Lösungen akzeptiert, hat er Angaben über die jeweiligen Austauschraten zu machen und das "Schrittweitenproblem" zu lösen.

Dabei werden diese Austauschraten (zur Bestimmung der "besten Richtung") durch Serien von ordinalen Vergleichen ermittelt. Denn erwiesenermaßen sind vom Entscheidungsträger solche Präferenzen (d.h. "A ziehe ich B vor") leichter anzugeben als Austauschraten (d.h. "Ich gebe 5 Einheiten eines Zieles auf für 3 Einheiten eines anderen").[2)]

Diese Methode entspricht dem unter (4) im Abschnitt 2.1.5. aufgeführten Verfahren zur Ermittlung der Austauschraten.

---

1) DYER (1973a).

2) Vgl. dazu TORGERSON (1958) und FEINBERG (1972), hier beide zitiert nach DYER (1973a), S. 1379 und 1380.

2.1.6.1. Die Ermittlung der Austauschraten

Das Computerprogramm druckt den Vektor der Zielfunktionswerte f_i^k mit (i = 1,...,r) aus, die sich auf die jeweils aktuelle Lösung im iterativen Prozeß beziehen. Dieser Vektor wird im folgenden Beispiel mit A bezeichnet. In der ersten Iteration (k = 1) enthält A die Werte der Ausgangslösung.

Außerdem wird der Vektor B ausgedruckt, der einen veränderten Wert für die Referenz-Zielfunktion (hier f_1) sowie den veränderten Wert einer weiteren Zielfunktion, ansonsten aber die Zielfunktionswerte des Vektors A enthält. Der Vektor B lautet:

$$(f_1^k + \Delta f_1^k,\ f_2^k, \ldots,\ f_i^k - \Delta f_i^k, \ldots,\ f_r^k) \ .$$

Dabei sind die in das Programm eingegebenen Δf_i^k relativ gering im Vergleich zu den Werten der entsprechenden f_i^k, um die Schätzung der Austauschraten möglichst genau werden zu lassen. Jedoch müssen sie groß genug sein, um für den Entscheidungsträger als signifikant zu gelten.

Der Entscheidungsträger hat nun seine Präferenz bzw. Indifferenz bezüglich der Vektoren A und B zu artikulieren. Zieht er B vor, wird Δf_i^k vergrößert (z.B. verdoppelt) und ein neuer Vektor B ausgedruckt. Der Entscheidungsträger hat wieder seine Präferenz anzugeben, und zwar in der vom Programm geforderten Form, z.B. durch Eingabe eines bestimmten Zeichens in das Programm.

Diese Prozedur wird solange wiederholt, bis der Vektor A dem Vektor B vorgezogen wird. Dann wird Δf_i^k in kleinen Schritten solange verringert, bis wieder B vorgezogen wird. Δf_i^k wird dann in kleinen Intervallen wieder erhöht usw. D.h. solange A vorgezogen wird, wird Δf_i^k verringert, solange B präferiert wird, wird Δf_i^k erhöht.

Dieser Prozeß wird so oft wiederholt, bis der Entscheidungsträger seine Indifferenz zwischen A und B erkennen läßt.

Das Programm bestimmt aus Δf_1^k und den Δf_i^k bei Indifferenz zwischen A und B näherungsweise die Grenzaustauschraten $w_i^k = \Delta f_1^k / \Delta f_i^k$.

Dieser Vorgang wird wiederholt, bis alle r-1 Austauschraten auf diese Weise ermittelt sind.

Durch die w_i^k wird vom Programm die "beste Richtung" bestimmt und eine neue zulässige und effiziente Lösung berechnet.

2.1.6.2. Die Bestimmung der optimalen Schrittweite

Um festzustellen, wie weit der Entscheidungsträger auf die neue Lösung "zugehen" möchte, werden ihm die Zielfunktionswerte einiger Zwischenpunkte mit ($0 \leq t \leq 1$) ausgedruckt, wobei er die Zahl dieser Punkte selbst wählen kann.

Aus diesen Lösungsvektoren, die die Zielfunktionswerte zu verschiedenen Schrittweiten t angeben, sucht der Entscheidungsträger einen heraus, den er zum Ausgangspunkt f_i^{k+1} für eine weitere Iteration nehmen will.

Die nächste Iteration beginnt mit der Eingabe der Δf_i^{k+1} zur Ermittlung der Austauschraten in diesem Punkt.

2.1.6.3. Dialog mit der Rechenanlage

Der im folgenden beispielhaft aufgeführte Prozeß des Mensch-Maschine-Dialogs geht auf ein hypothetisches Problem zurück, in dem bei der Entwicklung eines neuen Kraftfahrzeugs drei Ziele miteinander konkurrieren:[1)]

(1) Minimierung der Herstellungskosten
(2) Maximierung der Motorleistung (in KW)
(3) Minimierung des Kraftstoffverbrauchs (in Meilen/Gallone)

Die Ziele werden in diesem vereinfachten Beispiel durch die drei Entscheidungsvariablen Verdichtung des Motors, Treibstoffgemisch und Hubraum bestimmt.[2)]

Eine Iteration des Verfahrens von GEOFFRION, auf das obige Beispiel angewandt, könnte wie folgt ablaufen:[3)]

---

1) DYER (1973a), S.1382.
2) Zur näheren Erläuterung des Problems s.DYER (1972).
3) Vgl. DYER (1973a), S.1381.

Der vom Computer ausgedruckte Text (Eingabedaten in Klammern)	Erläuterungen
WIE BEURTEILEN SIE FOLGENDE LÖSUNGS- VEKTOREN A UND B ?	
	A B
KOSTEN	2150 2100
KW	108.3 118.3
MEILEN/GALLONE	29 29
BEVORZUGEN SIE A ODER B ? BEI INDIFFERENZ BITTE I EINGEBEN.	
(Eingabe: B)	Ermittlung der Austauschrate w_2^k 1)
	A B
KOSTEN	2150 2100
KW	108.3 113.3
MEILEN/GALLONE	29 29
BEVORZUGEN SIE A ODER B ? BEI INDIFFERENZ BITTE I EINGEBEN.	
(Eingabe: I)	
	A B
KOSTEN	2150 2100
KW	108.3 108.3
MEILEN/GALLONE	29 27
BEVORZUGEN SIE A ODER B ? BEI INDIFFERENZ BITTE I EINGEBEN.	
(Eingabe: A)	
	A B
KOSTEN	2150 2100
KW	108.3 108.3
MEILEN/GALLONE	29 28
BEVORZUGEN SIE A ODER B ? BEI INDIFFERENZ BITTE I EINGEBEN .	Ermittlung der Austauschrate w_3^k
(Eingabe: B)	
	A B
KOSTEN	2150 2100
KW	108.3 108.3
MEILEN/GALLONE	29 27.5
BEVORZUGEN SIE A ODER B ? BEI INDIFFERENZ BITTE I EINGEBEN .	
(Eingabe: I)	
DIE AUSTAUSCHRATEN: KOSTEN -1 KW 10 MEILEN/GALLONE 33.33	Vom Programm errechneter Vektor w^k
FORTSETZUNG NAECHSTE SEITE	

NEUER LOESUNGSVORSCHLAG:

KOSTEN 2500
KW 140
MEILEN/GALLONE 20.5

DAZUGEHOERIGE WERTE DER ENTSCHEIDUNGSVARIABLEN:

1.5 10 200

} Vom Programm nach FRANK/WOLFE-Algorithmus berechnet

GEBEN SIE BITTE DIE ZAHL DER LOESEUNGEN AN, DIE SIE ERHALTEN MOECHTEN, UM DIE SCHRITTWEITE ZU BESTIMMEN.

(Eingabe: 7)

WAEHLEN SIE BITTE EINEN BEVORZUGTEN VEKTOR AUS DEN FOLGENDEN:

	(1)	(2)	(3)	(4)
KOSTEN	2150	2208	2267	2325
KW	108.3	113.6	118.9	124.2
MEILEN/GALLONE	29	27.58	26.17	24.75

	(5)	(6)	(7)
KOSTEN	2383	2441	2500
KW	129.4	134.7	140
MEILEN/GALLONE	23.33	21.91	20.5

} Bestimmung der Schrittweite t

(1) t = 0
(2) t = 1/6
(3) t = 1/3
(4) t = 1/2
(5) t = 2/3
(6) t = 5/6
(7) t = 1

GEBEN SIE BITTE DEN GEWAEHLTEN VEKTOR EIN.

(Eingabe: 2325 124.2 24.75)

} f^{k+1}

WENN SIE DEN OPTIMIERUNGSPROZESS BEENDEN WOLLEN, GEBEN SIE BITTE "E" EIN, SONST "C" .

(Eingabe: C)

GEBEN SIE BITTE GEWUENSCHTE VEKTOREN-AENDERUNG EIN.

(Eingabe: -100 +10 +2)

} Δf^{k+1}

Beginn der nächsten Iteration

---

1) Dieser Teil wurde nicht aus DYER (1973a), S.1381, entnommen, sondern vom Autor hinzugefügt.

2.2. Das STEM-Verfahren [1]

2.2.1. Allgemeine Beschreibung

Diese Methode zur Lösung von linearen Programmen mit mehreren Zielfunktionen wurde von BENAYOUN et al. entwickelt.[2]

Zu lösen ist das Problem

$$\text{"Maximiere"} \; (f_1(x), f_2(x), \ldots, f_r(x) \mid x \in X) \quad [3] \qquad (2.2.1)$$

mit

$f_1(x), \ldots, f_r(x)$:= r reellwertige Zielfunktionen

X := kompakter zulässiger Lösungsbereich in R^n bezüglich x

x := n-dimensionaler Vektor der reellwertigen Entscheidungsvariablen $(x_1, \ldots, x_n)$

"Maximiere" := Notation für die Rechenanweisung, effiziente Kompromißlösung im Sinne einer Minimax-Regel zu finden, die möglichst nahe den individuellen Maxima liegen

Das STEM-Verfahren ermittelt in einem iterativen Prozeß die beste Kompromißlösung des Entscheidungsproblems, d.h. es wird ein Kompromiß zwischen den konkurrierenden Zielen gesucht, der vom Entscheidungsträger als bester anerkannt wird.

Jede Iteration k besteht aus einer Rechenphase, in der vom Computer eine Lösung berechnet wird, und einer Entscheidungsphase, in der der Entscheidungsträger die Resultate der Rechenphase beurteilt und weitere Informationen hinsichtlich seiner Zielvorstellungen für die nächste Rechenphase gibt.

---

1) STEM = STEP METHOD.

2) BENAYOUN et al.(1971).

3) Zu minimierende Zielfunktionen werden mit entsprechendem Vorzeichenwechsel berücksichtigt.

2.2.2. Die Pay-off-Tabelle

Im allgemeinen existiert für das Problem (2.2.1) keine zulässige Lösung, in der alle Zielfunktionen gleichzeitig ihren maximalen Wert erreichen.

Der Extremwert, den die Zielfunktion $f_i(x)$ im zulässigen Lösungsbereich X bei Nichtberücksichtigung aller anderen Zielfunktionen erreichen könnte, soll im folgenden als "individuelles Maximum" M_i dieser Zielfunktion bezeichnet werden.[1)]

Vor der ersten Iteration wird die sogenannte Pay-off-Tabelle erstellt:

	$f_1(x)$	$f_2(x)$	. . .	$f_i(x)$	. . .	$f_r(x)$
$f_1(x)$	M_1			z_i^1		
$f_2(x)$		M_2		z_i^2		
.			.	.		
.			.	.		
.			.	.		
$f_i(x)$	z_1^i	z_2^i	. . .	M_i	. . .	z_r^i
.				.	.	
.				.	.	
.				.	.	
$f_r(x)$				z_r^i		M_r

(2.2.2) .

---

1) Die Bedingung, daß X abgeschlossen und beschränkt, d.h. kompakt ist, sichert die Existenz von individuellen Maxima.

In ihr werden in der Zeile i (i = 1,...,r) die Werte der r Zielfunktionen eingetragen, die dem individuellen Maximum der Zielfunktion i entsprechen. D.h., z_j^i mit (i = 1,...,r ; j = 1,...,r) bezeichnet den Wert der Zielfunktion $f_j(x)$, den sie annimmt, wenn die Zielfunktion $f_i(x)$ ihr individuelles Maximum M_i bezüglich der zulässigen Lösungsmenge X erreicht.

Die "Ideallösung" wäre der Vektor $\bar{x}$ mit den Komponenten M_i (i = 1,...,r), wie sie die Hauptdiagonale der Payoff-Tabelle zeigt. Diese Lösung liegt jedoch im allgemeinen außerhalb des zulässigen Lösungsbereichs.

2.2.3. Die Rechenphase

In jeder Iteration k wird die zulässige, effiziente Lösung x^k ermittelt, die im Sinne einer MINIMAX-Regel der Ideallösung $\bar{x}$ am nächsten liegt.[1)]

Diese Abstandsminimierung[2)] erfolgt durch folgendes lineare Programm:[3)]

(2.2.3) Minimiere λ

$$\lambda \geq (M_i - f_i(x)) \cdot \pi_i \quad (i = 1,...,r)$$

$$x \in X^k$$

$$\lambda \geq 0$$

---

1) Zum Beweis der Effizienz vgl. DINKELBACH (1971), S.10; jedoch ist die Effizienz nur gesichert, wenn die TSCHEBYSCHEFF-Approximation eine eindeutige Lösung erbringt. Bei Mehrfachlösungen ist eine Ineffizienz nicht auszuschließen (vgl. DINKELBACH/DÜRR (1972)).

2) Im mathematischen Sinn handelt es sich dabei um eine TSCHEBYSCHEFF-Approximation.

3) In der ersten Iteration ist X^1 identisch mit X.

Die Koeffizienten π_i geben das relative Gewicht der Abweichungen der Zielfunktionswerte vom jeweiligen individuellen Maximum an und werden wie folgt berechnet:

$$(2.2.4) \qquad \pi_i = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^{r} \alpha_i}$$

$$\text{mit} \qquad \alpha_i = \underbrace{\frac{M_i - m_i}{M_i}}_{I^{1)}} \cdot \underbrace{\frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} (c_{ij})^2}}}_{II}$$

Dabei bedeuten:

M_i := individuelles Maximum der Zielfunktion f_i

m_i := Minimalwert der Zielfunktion f_i in der Spalte der Pay-off-Tabelle mit dem Index i

c_{ij} := Koeffizienten der Zielfunktion f_i mit ($j = 1,\ldots,n$)

Der Quotient I bewirkt für den Koeffizienten π_i folgendes: Wenn sich bei verändertem Lösungsvektor x der Wert der Zielfunktion f_i nicht stark vom individuellen Maximum M_i entfernt, d.h. die Differenz ($M_i - m_i$) klein ist, so wird dieser Zielfunktion ein π_i mit geringem Wert zugeordnet. Entsprechend erhält die Funktion ein höheres π_i, deren Wert stark von M_i abweicht, wenn man den Lösungsvektor dadurch verändert, daß man eine andere Zielfunktion ihr individuelles Maximum erreichen läßt.

---

1) Für $M_i < 0$ erhält dieser Quotient die Form $(m_i - M_i) / m_i$.

Den Quotienten II gebrauchen BENAYOUN et al. zur Normierung der von den Zielfunktionen angenommenen Werte.

Die Summe aller π_i ist gleich 1; damit können solche Lösungen leicht miteinander verglichen werden, die durch unterschiedliche Gewichtungs-Strategien entstehen.

2.2.4. Die Entscheidungsphase

Die Kompromißlösung x^k aus der Iteration k wird dem Entscheidungsträger vorgelegt. Dieser vergleicht die dazugehörigen Zielfunktionswerte mit jenen der idealen Lösung $\hat{x}$.

Hält er die Werte $f_i^*(x^k)$ einiger Zielfunktionen $f_i^*(x)$ für befriedigend, andere dagegen für nicht ausreichend, so muß er jetzt eine gewisse Verschlechterung in den zufriedenstellenden Zielfunktionen hinnehmen, um eine Verbesserung in den nicht befriedigenden Zielfunktionswerten im nächsten Zyklus k+1 zu erreichen.[1)]

Im Mensch-Maschine-Dialog wird der Entscheidungsträger daher gebeten anzugeben, bei welcher Zielfunktion f_i^* er bereit ist, eine Verschlechterung ihres Wertes hinzunehmen und um welchen Betrag Δf_i^*.

Für die nächste Iteration k+1 wird der zulässige Lösungsbereich wie folgt verändert:

$$x^{k+1} \left\{ \begin{array}{ll} x^k \text{ mit den Restriktionen:} & \\ f_i^*(x) \geq f_i^*(x^k) - \Delta f_i^* & (2.2.5) \\ f_i(x) \geq f_i(x^k) & (2.2.6) \\ i \neq i^* & (2.2.7) \end{array} \right.$$

---

1) * kennzeichnet Zielfunktionen, deren Wert als zufriedenstellend beurteilt wird.

Die Koeffizienten π_i^* für die zufriedenstellenden Zielfunktionen f_i^* werden gleich Null gesetzt und die π_i für die anderen Zielfunktionen berechnet, wobei wiederum gilt $\Sigma\pi_i = 1$. Damit beginnt die Kalkulationsphase des Zyklus k+1, in der im Sinne einer MINIMAX-Regel die Kompromißlösung x^{k+1} gesucht wird, die der Ideallösung $\hat{x}$ am nächsten kommt.

Rechenphase und Entscheidungsphase werden solange wiederholt, bis sich entweder eine Lösung ergibt, die der Entscheidungsträger als besten Kompromiß akzeptiert, oder aber der Entscheidungsträger zu erkennen gibt, daß keine der vorgeschlagenen Kompromißlösungen für ihn als Lösung in Frage kommen (vgl. Ablaufdiagramm Abschnitt 2.2.7.).

2.2.5. Unterstützung der Entscheidungsphase

Das zentrale Problem des Entscheidungsträgers beim STEM-Verfahren ist es, in jedem Zyklus die Zielfunktionen zu benennen, deren Werte zufriedenstellend sind und zugunsten weniger zufriedenstellender Zielfunktionswerte verringert werden können, sowie die Angabe des Betrages dieser Verringerung.

Dabei weiß der Entscheidungsträger nicht, wie sich seine Entscheidung auf jene Zielfunktionen auswirkt, deren Wert er im aktuellen Zyklus als nicht zufriedenstellend ansieht. Hat er die Zielfunktionswerte benannt, für die er eine negative Veränderung zuläßt, so sieht er sich vor die Frage gestellt: Wie groß muß ein Verzicht hinsichtlich dieser Ziele sein, um überhaupt einen akzeptablen Zugewinn in den anderen Zielen zu erreichen ? Oder ist dieser Verzicht zu groß und gar nicht nötig, um die gewünschte Veränderung in den Werten der anderen Zielfunktionen zu erreichen ?

Bei der Auswahl der Zielfunktionen f_i^* mit zufriedenstellenden Werten und in der Bestimmung der Veränderung Δf_i^* kann der Entscheidungsträger durch eine Sensitivitätsanalyse unterstützt werden. Sie gibt ihm die Auswirkungen solcher Veränderungen auf die anderen Zielfunktionswerte in der Umgebung der aktuellen Kompromißlösung x^k an.

Ebenso kann durch Berechnung verschiedener Lösungen entsprechend einer schrittweisen Erhöhung des Betrages Δf_i^* dem Entscheidungsträger geholfen werden, die für ihn beste Veränderung Δf_i^* zu bestimmen. Ein solcher Prozeß kann durchgeführt werden mit $0 < \Delta f_i^{*1} < \Delta f_i^{*2} < \ldots < \Delta f_i^{*M}$, wobei Δf_i^{*M} den Betrag bezeichnet, um den der Entscheidungsträger den Wert der Zielfunktion f_i^* maximal verringern lassen will.

Auf diese Weise kann das Δf_i^* gewählt werden, das die höchsten Verbesserungen in den anderen Zielen bewirkt.

Die Anzahl der benötigten Zyklen kann dadurch gesenkt werden, daß einmal ausgewählte f_i^* im Verlaufe der Prozedur nicht nochmals als jene Zielfunktionen angegeben werden können, deren Wert zugunsten anderer Zielfunktionswerte verringert werden darf.

Grundsätzlich jedoch können die Restriktionen (2.2.5), (2.2.6) und (2.2.7) als jeweils vorläufig gültig angesehen und im Laufe des Entscheidungsprozeß revidiert werden. Allerdings ist dann eine Konvergenz nach einer bestimmten Zahl von Iterationen nicht durch das Rechenprogramm garantiert, sondern hängt vom Entscheidungsverhalten des Entscheidungsträgers ab.

Weiterhin läßt sich die Zahl der Iterationen verringern, wenn der Entscheidungsträger in einem Zyklus gleichzeitig mehrere Zielfunktionen angibt, deren Werte herabgesetzt werden können.

2.2.6. Grafische Entscheidungshilfen

Im folgenden wird noch eine Entscheidungshilfe beschrieben, bei der dem Entscheidungsträger die alternativen Auswirkungen verschiedener Δf_i^+ grafisch dargestellt werden.[1)]

Die Analyse soll an einem einfachen Beispiel illustriert werden.

Zielfunktionen:

1. Maximiere $f_1(x) = -4x_1 + 13x_2$
2. Maximiere $f_2(x) = 6{,}5x_1 + 2x_2$

Nebenbedingungen:

1. $-x_1 + 2x_2 \leq 7$
2. $2x_2 \leq 9$
3. $8x_1 + 9x_2 \leq 72$
4. $12x_1 - 7x_2 \leq 42$
5. $x_1, x_2 \geq 0$

Abbildung 2.2.1 zeigt dieses zweidimensionale Problem.

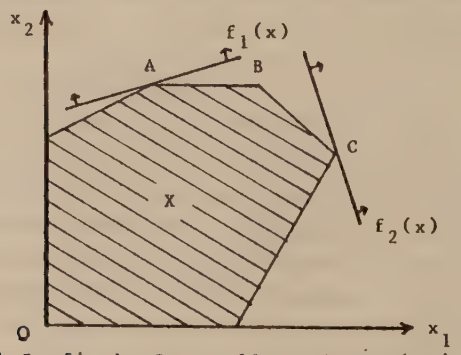


Abb.2.2.1:Grafische Darstellung des Beispiels

---

1) Vgl. AGARWAL (1973), S.83 ff.

Die Menge aller effizienten Lösungen liegt auf der Verbindungsstrecke der Eckpunkte A, B, C . Alle weiteren Lösungspunkte in X werden von anderen dominiert.

Für den Bereich dieser effizienten Lösungen werden dem Entscheidungsträger die Zielfunktionswerte des parametrischen Programms

$$\text{Maximiere} \quad (\gamma f_1(x) + (1 - \gamma) f_2(x) \mid x \in X)$$

$$\text{mit} \quad 0 \leq \gamma \leq 1$$

vorgelegt.

Für $\gamma = 0$ wird das individuelle Maximum der Zielfunktion $f_2(x)$ erreicht, bei $\gamma = 1$ jenes von $f_1(x)$.

Bei variierendem Wert für γ ergeben die Lösungsalternativen eine Substitutionskurve zwischen den Werten der Zielfunktionen $f_1(x)$ und $f_2(x)$ für den Bereich der effizienten Lösungen.

Hinsichtlich des angeführten Beispiels ergibt sich die in Abb.2.2.2 dargestellte Substitution.

Es sei angenommen, daß die Zielfunktion $f_1(x)$ im Zyklus k den befriedigenden Wert $f_1^*(x^k)$ aufweise, die Funktion $f_2(x)$ jedoch in Zyklus k+1 einen besseren Wert annehmen sollte.

Dann kann eine solche Substitutionskurve dem Entscheidungsträger folgende Informationen liefern:

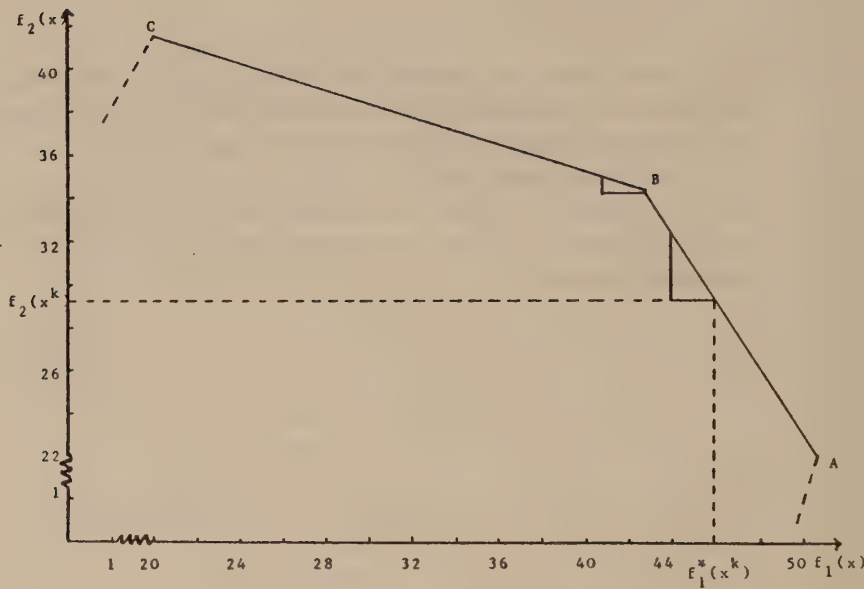


Abb.2.2.2: Substitutionskurve bezüglich $f_1(x)$ und $f_2(x)$

(a) Bis zum Punkt B ist die Grenzrate der Substitution $df_2(x)/df_1(x)$ relativ groß, d.h. bis $f_1(x) = 42,7$ wird für eine aufgegebene Einheit von $f_1(x)$ eine relativ hohe Steigerung des Wertes von $f_2(x)$ erreicht.

(b) Zwischen B und C ist die Grenzrate der Substitution geringer, d.h. für eine Einheit von $f_1(x)$ wird im Vergleich zum Bereich AB nur eine relativ geringe Steigerung des Wertes von $f_2(x)$ erreicht.

(c) Eine Verringerung des Wertes der Zielfunktion $f_1(x)$ über den zu Punkt C gehörigen Betrag hinaus ist in Bezug auf $f_2(x)$ nicht sinnvoll, da in diesem

Lösungspunkt $f_2(x)$ ihr individuelles Maximum erreicht.[1)]

Diese Informationen können für den Entscheidungsträger eine wertvolle und anschauliche Unterstützung bei der Wahl der $\Delta f_i^*(x^k)$ darstellen.

Zur Erstellung der Transformationskurve reicht es aus, die Eckpunkte des Lösungsraumes zu bestimmen, die zwischen den individuellen Maxima der zwei Zielfunktionen liegen. Denn aus den entsprechenden Zielfunktionswerten lassen sich durch Linearkombinationen die dazwischenliegenden effizienten Lösungen bzw. Zielfunktionswerte berechnen.

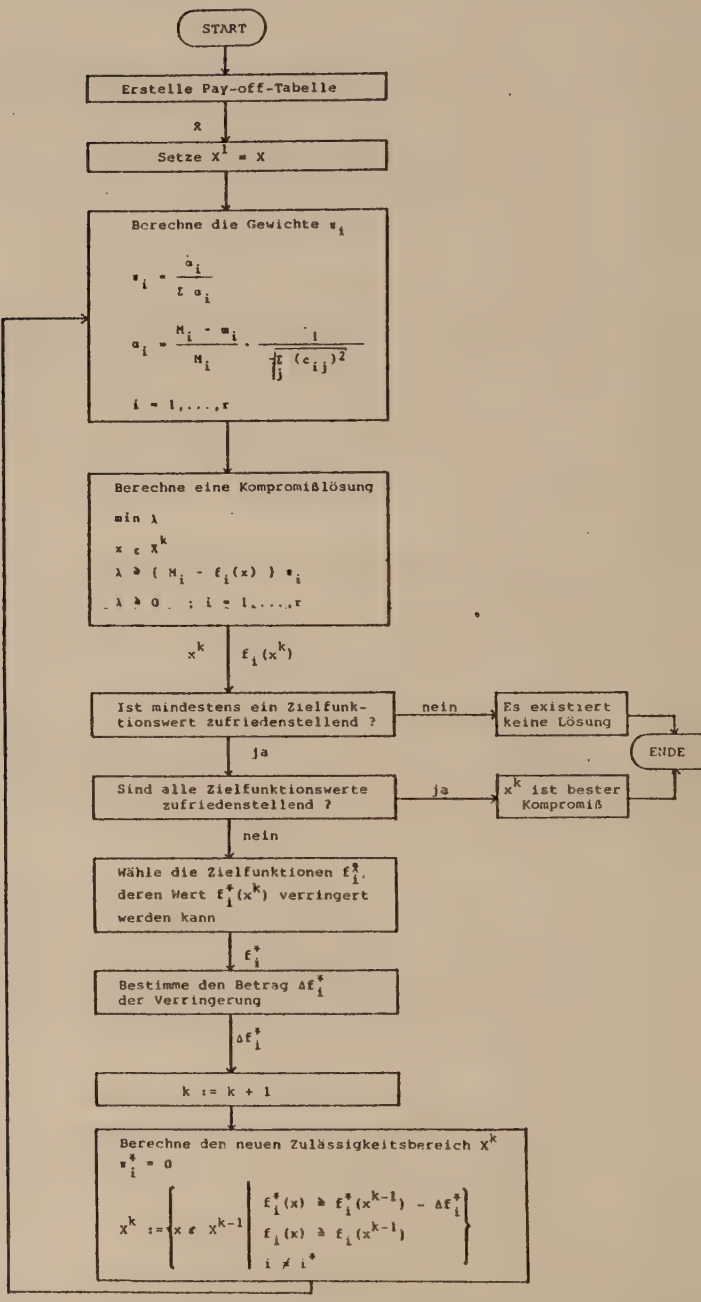
Hat der Entscheidungsträger im Zyklus k des STEM-Verfahrens eine Zielfunktion $f_i^*(x)$ benannt, deren Wert $f_i^*(x^k)$ eine Verschlechterung im Zyklus k+1 hinnehmen kann, so braucht nicht für jede Zielfunktion $f_i(x)$ bezüglich $f_i^*(x)$ eine Transformationskurve errechnet und vom Computer ausgedruckt zu werden. Es genügt, wenn der Entscheidungsträger eine solche Darstellung paarweise für jene Zielfunktionen erhält, deren Sensitivität bezüglich $\Delta f_i^*(x^k)$ ihn in besonderem Maße interessiert.

Damit kann der Rechenaufwand für dieses Unterprogramm wesentlich verringert werden. Denn Rechenzeit und Komplexität der Transformation der Zielfunktionswerte erhöhen sich beträchtlich mit der Zahl der Zielfunktionen eines Optimierungsproblems.

---

1) Diese Information kann auch aus der Pay-off-Tabelle entnommen werden.

2.2.7. Ablaufdiagramm STEM [1]



1) Vgl. BENAYOUN et al. (1971), S.373

2.3. Goal Programming

2.3.1. Allgemeine Beschreibung

Das Goal Programming geht auf CHARNES und COOPER zurück[1] und wurde von IJIRI[2], CONTINI[3], LEE[4] und anderen weiterentwickelt.[5]

Während in einem Optimierungsvorgang der allgemeinen linearen Programmierung die Werte der Entscheidungsvariablen maximiert bzw. minimiert werden und dabei die Werte der Schlupfvariablen quasi als Residualgrößen auftreten, sind es beim Goal Programming gewisse Schlupfvariablen, deren Werte minimiert werden. Dadurch bestimmen sich dann die optimalen Werte der Entscheidungsvariablen.

Anstatt den Wert einer Zielfunktion direkt zu extremieren, wird beim Goal Programming die Differenz zwischen dem unter den restriktiven Nebenbedingungen Erreichbaren und der idealen Zielvorstellung minimiert.

Der Entscheidungsträger bestimmt dabei die Zielwerte, die er im Optimierungsprozeß möglichst weitgehend erreichen möchte. Zusätzlich gibt er für seine Ziele Prioritäten der jeweiligen Dringlichkeit einer Zielerreichung an. Durch einen modifizierten Simplex-Algorithmus wird gewährleistet, daß die Erreichung eines Ziels erst dann Berücksichtigung findet, wenn die Ziele mit höherer Priorität bereits verwirklicht bzw. bestmöglich erreicht sind.

---

1) CHARNES/COOPER (1961).

2) IJIRI (1965).

3) CONTINI (1968).

4) LEE (1972).

5) Vgl. auch LANE (1970), RUEFLI (1971), DYER (1972), CHARNES/COOPER et al.(1969).

2.3.2. Der Algorithmus des allgemeinen Goal Programming

2.3.2.1. Programmformulierung

Im Sinne des Goal Programming ergibt sich für ein Optimierungsproblem folgende Formulierung:

$$\text{Minimiere } \{ Z = Iy^- + Iy^+ \mid x \in X \} \qquad (2.3.1)$$

$$f(x) + Iy^- - Iy^+ = b \qquad (2.3.2)$$

$$x , y^+, y^- \geq 0 \qquad (2.3.3)$$

wobei

Z := r-dimensionaler Vektor der Summen der Abweichungen y^- und y^+

y^- := r-dimensionaler Vektor der negativen Abweichungen vom Zielvektor b

y^+ := r-dimensionaler Vektor der positiven Abweichungen vom Zielvektor b

x := n-dimensionaler Vektor der reellwertigen Entscheidungsvariablen $(x_1,\ldots,x_n)$

X := zulässiger Lösungsbereich in R^n bezüglich x

$f(x)$:= r-dimensionaler Vektor der reellwertigen Zielfunktionen f_i mit ($i = 1,\ldots,r$)

b := r-dimensionaler, reellwertiger Zielvektor

r := Anzahl der Ziele des Entscheidungsträgers

O := Nullvektor

I := Einheitsmatrix

2.3.2.2. Beispiel

Diese Problemformulierung soll anhand des Beispiels aus Abschnitt 2.2.7. verdeutlicht werden, welches folgendermaßen abgeändert wird:

Der Entscheidungsträger möchte die beiden Zielfunktionen nicht maximieren, sondern er strebt an, daß der Wert der ersten Zielfunktion möglichst nahe an 50,5 herankommt, jener der zweiten Zielfunktion möglichst 45 erreicht.

In der Formulierung des Goal Programming ergibt sich somit für dieses Beispiel folgendes Programm:

Minimiere $(Z = y_1^- + y_2^- + y_1^+ + y_2^+)$

mit den Zielen

1. $-4x_1 + 13x_2 + y_1^- - y_1^+ = 50{,}5$
2. $6{,}5x_1 + 2x_2 + y_2^- - y_2^+ = 45$

und den Nebenbedingungen

1. $-x_1 + 2x_2 \leq 7$
2. $2x_2 \leq 9$
3. $8x_1 + 9x_2 \leq 72$
4. $12x_1 - 7x_2 \leq 42$
5. $x_1, x_2, y_1^-, y_1^+, y_2^-, y_2^+ \geq 0$

Grafisch ist dieses Problem in Abb.2.2.1 auf Seite 40 bereits dargestellt.

Das Goal Programming erbringt durch die Abstandsminimierung die Lösung, die dem Punkt B in Abb.2.2.1

entspricht, nämlich $x_1 = 3,9$ und $x_2 = 4,5$. Dabei erreicht die erste Zielfunktion den Wert 42,7 und die zweite den Wert 34,6 .

In dieser Lösung werden beide Ziele ($b_1 = 50,5$; $b_2 = 45$) nicht voll erreicht:

$$y_1^- = 7,8$$

$$y_2^- = 10,4$$

$$y_1^+ = y_2^+ = 0$$

Erweitert man die genannte Programmformulierung des Goal Programming um die bereits erwähnten Prioritätsfaktoren, so läßt sich eine Zielhierarchie berücksichtigen.

2.3.2.3. Zielprioritäten und Gewichtungen

Im vorerwähnten Beispiel wurden die beiden Ziele gleichrangig behandelt. In der Realität ist es jedoch meist der Fall, daß der Entscheidungsträger den verschiedenen Zielen unterschiedliche Bedeutung beimißt.

Im folgenden soll ein Ziel erst dann verfolgt werden, wenn ein höherrangiges bereits erreicht ist.

Derartiges läßt sich in der Programmformulierung des Goal Programming durch die Einführung von Prioritätsfaktoren berücksichtigen. Den Zielen b_i werden die Faktoren P_i mit ($i = 1,\ldots,r$) zugeordnet, wobei gilt

$$P_i >>> P_{i+1} \quad ,$$

d.h. durch Multiplikation mit einem beliebigen Wert kann P_{i+1} niemals größer werden als P_i.[1)]

Die Prioritätsfaktoren werden in der Abstandsminimierungsfunktion den entsprechenden Abstandsvariablen y_i beigefügt. P_1 bezeichnet dabei immer die höchste Priorität, gefolgt von niedrigeren P_2, P_3 usw. .

Ein modifizierter Simplex-Algorithmus[2)] sorgt dafür, daß - innerhalb des Zulässigkeitsbereiches - die Ziele mit höherer Priorität vor jenen mit niedrigerer Dringlichkeit verfolgt werden.

Zusätzlich lassen sich noch Gewichtungen innerhalb gleicher Priorität einbeziehen.

Wenn zum Beispiel ein Unternehmen, das mehrere Produkte herstellt, die Gesamtsumme des Gewinns maximieren will, so können die unterschiedlichen Gewinnbeiträge der einzelnen Produkte durch entsprechende Gewichtungsfaktoren Berücksichtigung finden.

Somit enthält die komplette Abstandsminimierungs-Funktion eines Goal-Programming-Programms die Abstandsvariablen y_i^+ und y_i^- sowie die ordinalen Prioritätsfaktoren P_i, die ggf. mit den Faktoren β_j für eine Gewichtung auf gleichem Prioritätsniveau jeweils multipliziert werden.[3)]

2.3.2.4. Beispiel

Die Auswirkungen der Prioritätsfaktoren sollen am genannten Beispiel demonstriert werden.

---

1) Vgl. auch LEE (1972), S.27 .

2) Vgl. LEE(1972), S. 97 ff.

3) Näheres dazu s. IJIRI (1965), S.49 .

Es sollen nicht beide Ziele b_1 und b_2 gleichrangig verfolgt werden, sondern der Entscheidungsträger habe folgende Präferenz-Hierarchie:

1. Minimierung einer Untererfüllung des ersten Ziels.
2. Minimierung einer Untererfüllung des zweiten Ziels.
3. Minimierung einer Übererfüllung des zweiten Ziels.
4. Minimierung einer Übererfüllung des ersten Ziels.

Daraus ergibt sich folgende Abstandsminimierungsfunktion:

$$\text{Minimiere} \quad (Z = P_1 y_1^- + P_2 y_2^- + P_3 y_2^+ + P_4 y_1^+)$$

$$\text{mit} \quad P_1 >>> P_2 >>> P_3 >>> P_4$$

Die Lösung dieses Beispiels lautet dann, wie leicht aus Abb.2.2.1 ersichtlich ist:

$x_1 = 2 \quad ; \quad x_2 = 4{,}5 \quad ;$

Wert der 1.Zielfunktion = 50,5

Wert der 2.Zielfunktion = 22

$y_1^- = y_1^+ = y_2^+ = 0 \quad ; \quad y_2^- = 23$

Mit dieser Lösung, die dem Punkt A in der Abb.2.2.1 entspricht, ist das erste Ziel voll erreicht ($y_1^- = y_1^+ = 0$), während das zweite Ziel nur zu 51% erreicht wird ($y_2^- = 23$).[1)]

Würde die Priorität vom Entscheidungsträger vertauscht, d.h. dem zweiten Ziel der Vorrang gegeben, so ergäbe sich folgende Abstandsminimierung:

$$\text{Minimiere} \quad (Z = P_1 y_2^- + P_2 y_1^- + P_3 y_1^+ + P_4 y_2^+)$$

$$\text{mit} \quad P_1 >>> P_2 >>> P_3 >>> P_4$$

---

1) Vgl. S.40 .

Die Lösung lautete dann (Punkt C in Abb.2.2.1) :

$x_1 = 5,4$; $x_2 = 3,2$;

Wert der 1. Zielfunktion = 20
Wert der 2. Zielfunktion = 41,5

$y_1^- = 30,5$; $y_2^- = 3,5$; $y_1^+ = y_2^+ = 0$

Daraus wird ersichtlich, daß auch bei einer Bevorzugung des zweiten Ziels dieses nicht voll erreicht werden kann, sondern nur zu 92% ($y_2^- = 3,5$). Das liegt daran, daß die Zielvorstellung des Entscheidungsträgers bezüglich des ersten Ziels außerhalb des zulässigen Lösungsbereichs liegt. Das erste Ziel wird in diesem Beispiel zu 40% erreicht.

Das Beispiel macht auch deutlich, daß immer gilt

$$y_i^- \times y_i^+ = 0$$

Denn entweder ist das Ziel nicht ganz erfüllt ($y_i^+ = 0$), oder das Ziel erfährt eine Übererfüllung ($y_i^- = 0$), oder aber das Ziel wird exakt erreicht ($y_i^- = y_i^+ = 0$).

Diese Eigenschaften des Goal Programming lassen sich bei der Programmformulierung dazu nutzen, Unter- bzw. Übererfüllungen eines Ziels je nach Wunsch des Entscheidungsträgers auszuschließen.

Wenn zum Beispiel die Übererfüllung eines Ziels b_i zulässig ist, so wird nur die Variable y_i^- in die Abstandsminimierungs-Funktion aufgenommen. Umgekehrt enthält diese Funktion nicht y_i^-, wenn eine Untererfüllung des Ziels für den Entscheidungsträger akzeptabel ist und nur eine Übererfüllung minimiert werden soll. In dem Fall, daß ein

Ziel möglichst genau erreicht werden soll, müssen beide Variablen y_i^- und y_i^+ bei der Abstandsminimierung berück - sichtigt werden.

Ist eine Über- bzw. Untererfüllung eines Ziels zugelassen, d.h. nur y_i^- oder y_i^+ in der Minimierungsfunktion enthalten, dann liegt ein "einseitiges"[1] Goal Programming vor.

2.3.3. Interaktives Goal-Programming-Verfahren

Das im folgenden beschriebene Verfahren geht auf DYER[2] zurück.

Es wird angenommen, daß die Präferenz des Entscheidungsträgers bezüglich f(x) einer Nutzenfunktion U{f(x)} folgt, für die gilt

$$U\{ f(x^1) \} > U\{ f(x^2) \},$$

wenn und nur wenn der Entscheidungsträger $f(x^1)$ dem Wert $f(x^2)$ vorzieht.

Diese Nutzenfunktion gilt es für den Entscheidungsträger per Goal Programming zu maximieren, auch wenn diese nicht explizit bekannt ist.

Unter der weiteren Annahme, daß die Nutzenfunktion bezüglich des zulässigen Lösungsbereichs stetig steigend ist für wachsende Werte von f(x), ergibt sich für ein entsprechendes Goal-Programming-Programm folgende einseitige Formulierung:

$$\text{Minimiere } \{ y^- \mid x \in X \} \qquad (2.3.4)$$

---

1) DYER (1972), S.63 .

2) DYER (1972), S.63-70 .

mit

$$f(x) + Iy^- - Iy^+ = b$$

$$x,\ y^-,\ y^+ \geq 0$$

Da diese Programmform (2.3.4) dem Subproblem des FRANK-WOLFE-Algorithmus ähnlich ist, schlägt DYER für seinen interaktiven Goal-Programming-Ansatz eine Lösungsprozedur vor, die sich an den im Kapitel 2.1. dargestellten Algorithmus von GEOFFRION/DYER/FEINBERG anlehnt.

Die im allgemeinen Goal Programming enthaltenen Prioritätsfaktoren P_i werden durch die Gewichtungsfaktoren w_i^k in der Iteration k für das Ziel i ersetzt.

Bei den w_i^k handelt es sich um die Grenzraten der Substitution zwischen den Zielen im aktuellen Lösungspunkt x^k der Iteration k:

$$w_i^k = (\partial U/\partial f_i)^k \ / \ (\partial U/\partial f_1)^k \quad , \qquad (2.3.5)$$

$$(\ i = 2,\ldots,r\ )$$

Mit f_1 wird die Referenzzielfunktion bezeichnet, auf die sich die Austauschrelationen jeweils beziehen, und die vom Entscheidungsträger willkürlich wählbar sind.

Zur Bestimmung der w_i^k und der damit verbundenen Interaktion zwischen Rechenprogramm und Entscheidungsträger sei auf Kapitel 2.1. verwiesen, wie auch die im folgenden beschriebene Prozedur analog dem Verfahren von GEOFFRION vorgeht.[1)]

---

1) Vgl. GEOFFRION/DYER/FEINBERG (1972).

2.3.3.1. Der Algorithmus

1.Schritt: Bestimme für jede Zielfunktion f_i den dazugehörigen Zielwert b_i unter Beachtung der Bedingung

$$\partial U/\partial f_i = 0 \quad \text{für} \quad f_i \geq b_i \ .$$

Für den Fall, daß ein derartiges b_i nicht oder nur schwer angegeben werden kann, wähle b_i so groß, daß es nur mit außerhalb des zulässigen Lösungsraums X liegenden x erreicht werden kann, es also gilt

$$f_i < b_i \quad \text{für jedes} \quad x \in X \ .$$

2.Schritt: Bestimme eine zulässige Ausgangslösung x^k und setze $k = 1$.

3.Schritt: Bestimme durch Interaktion mit dem Entscheidungsträger die w_i^k mittels der Referenzzielfunktion, mit ($i = 2,\ldots,r$) und ($w_1^k = 1$).

4.Schritt: Löse das einseitige Goal-Programming-Problem

$$\text{Minimiere} \left(\sum_{i=1}^{r} w_i^k \, y_i \mid z \in X \right)$$

$$f(z) + y \geq b$$

$$z, \ y \geq 0$$

und bestimme dadurch den optimalen Abstandsvektor y^k und den dazugehörigen Lösungsvektor z^k. Diese Lösung ist verbunden mit der vorhergehenden x^k durch die Relation

$$d^k = z^k - x^k$$

5.Schritt: Bestimme die optimale Lösung des "Schrittweitenproblems"[1)]

$$\text{Maximiere } \{\{ U \{ f_1(x^k + td^k), \ldots, f_r(x^k + td^k) \} \}\}$$

$$\text{mit } 0 \leq t \leq 1$$

6.Schritt: Wird die Lösung $(x^k + t^k d^k)$ vom Entscheidungsträger nicht akzeptiert, so gehe zurück zum 3.Schritt mit

$$k = k + 1 \quad \text{und} \quad x^{k+1} = x^k + t^k d^k .$$

Diese Prozedur wird solange wiederholt, bis der Entscheidungsträger eine Lösung akzeptiert, d.h. bis er meint, nahe genug an die von ihm angestrebte ideale Lösung gelangt zu sein.

---

1) Zur Bestimmung von t^k vgl. Abschnitt 2.1.4.

2.4. Anwendungsorientierter Vergleich der Verfahren

Über Erfahrungen in der praktischen Anwendung der vorgenannten Verfahren ist noch relativ wenig bekannt. Einen Vergleichstest zwischen STEM und der Methode von GEOFFRION haben unabhängig voneinander AGARWAL[1] und WALLENIUS[2] durchgeführt. DYER[3] und FEINBERG[4] berichten über experimentelle Erfahrungen hinsichtlich des Verfahrens von GEOFFRION, DINKELBACH et al.[5] über die Anwendung von STEM. Die praktische Verwendung des Goal Programming beschreiben u.a. LEE/CLAYTON[6], LEE[7] und SANDELL[8].

Das vorhandene empirische Material reicht nicht für eine umfassende Beurteilung der verschiedenen Verfahren aus der Sicht des Anwenders aus.

Im folgenden sollen daher auch nur einige ausgewählte kritische Aspekte zu den einzelnen beschriebenen Lösungsmethoden angeführt werden.

2.4.1. Das Verfahren von GEOFFRION[9]

DYER[10] kommt zu dem Schluß:"Our experience with this program indicate that it can be used successfully by untrained individuals to solve problems involving multiple criteria."
Jedoch umfaßt sein Test nur neun Versuchspersonen, die das Verfahren im Vergleich zu einer unstrukturierten Trial-and-Error-Methode zu beurteilen hatten.

---

1) AGARWAL (1973).
2) WALLENIUS (1975b).
3) DYER (1973b).
4) FEINBERG (1972).
5) DINKELBACH et al.(1977).
6) LEE/CLAYTON (1972).
7) LEE (1972).
8) SANDELL (1972).
9) ähnliches Verfahren: s.BOYD (1970). 10) DYER (1973b),S.213

AGARWALs Erfahrungen zeigen, daß die durch die GEOFFRION-Methode einerseits und STEM andererseits gefundenen Lösungen nahe beieinander liegen.

WALLENIUS beziffert den für das GEOFFRION-Verfahren benötigten Zeitaufwand für den Entscheidungsträger (einschließlich Entscheidungen und Rechnerbedienung) höher als den für STEM. Die reine Rechenzeit ist jedoch für STEM etwas höher.

Sein Test ergibt, daß GEOFFRIONs Methode aus der Sicht des Anwenders bezüglich Verständlichkeit, Informationswert der ausgedruckten Daten, Handhabung und Beurteilung der errechneten Lösung dem STEM-Verfahren leicht unterlegen ist.

Ein Vorteil der GEOFFRION-Methode liegt darin, daß ihre Anwendung nicht auf lineare Programme beschränkt ist.

Im Gegensatz zu STEM, wo der Entscheidungsträger selbst angibt, um welchen Betrag einzelne Zielfunktionswerte verändert werden sollen, werden im Algorithmus von GEOFFRION dem Entscheidungsträger per Computer verschiedene Lösungsvektoren zur Beurteilung vorgelegt. Bei letzterer Form - hier zur Erkundung der impliziten Nutzenfunktion des Entscheidungsträgers - ergibt sich die Schwierigkeit, den Entscheidungsträger mit solchen Differenzbeträgen hinsichtlich der einzelnen Zielfunktionswerte zu konfrontieren, daß diese zu einer Veränderung des entsprechenden Nutzens führt.

Das Problem der "just noticeable differences"[1] liegt darin, daß die Differenzen bezüglich einer guten Approximation der Grenzaustauschraten möglichst klein sein sollen.

---

1) DYER (1974), S.163.

für eine Reaktion des Entscheidungsträgers hinsichtlich seiner Nutzenfunktion jedoch einen gewissen Mindestbetrag aufweisen müssen. Das "Herantasten" an die Differenz, die zu einer Indifferenz zwischen zwei Vektoren mit Zielfunktionswerten führt, verlängert die Rechen- und Entscheidungszeit.

Die Angabe der Substitutionsraten macht den Anwendern der GEOFFRION-Methode erfahrungsgemäß am meisten Schwierigkeiten;[1] und das auch dann, wenn dieses durch paarweisen Vergleich von Vektoren geschieht und obwohl die betreffende Person nicht zu wissen braucht, daß ihre Antworten zur Approximation von Grenzaustauschraten benutzt werden.[2]

Bei dieser Approximation wird - geometrisch gesehen - die Tangente an einen Punkt der Nutzenfunktion durch eine durch diesen Punkt verlaufende Sekante ersetzt. Die einer solchen Näherungsmethode ohnehin innewohnende Fehlerquelle kann hier noch durch die bereits erwähnten Mindestdifferenzen ("gerade noch spürbare" Nutzendifferenzen) verstärkt werden.

Verbunden damit ist eine zweite mögliche Fehlerquelle: Zumeist ist der Entscheidungsträger nicht konsistent in seinen Antworten zur Findung der Austauschraten, d.h., er vermag keine transitiven[3] Relationen hinsichtlich Präferenz und Indifferenz anzugeben.[4]

Nur wenn für seine Aussagen folgende Relation gilt:

---

1) Vgl. AGARWAL (1973), WALLENIUS (1975b)
2) Vgl. DYER (1973b), S.206
3) Zum Begriff der Transitivität vgl.Abschnitt 4.1.
4) Vgl. auch TISDELL (1966)

$$\frac{\Delta f_i}{\Delta f_j} \cdot \frac{\Delta f_j}{\Delta f_k} = \frac{\Delta f_i}{\Delta f_k}$$

für alle r Zielfunktionen, dann kann man die Austauschraten als exakt und konsistent angegeben bezeichnen.

Hingegen kommt DYER nach seinen Untersuchungen zu dem Schluß: "... responses that reflect the 'human element' in the form of random errors and inconsistencies do not appear to be a significant hindrance to the use of this robust procedure."[1)]

Nach HOGAN[2)] verringert sich die Fehlergefahr mit zunehmender Zahl der Iterationen. Auch DYER führt einen solchen Lerneffekt beim Entscheidungsträger an, der die Schätzung der Grenzaustauschraten zunehmend genauer werden läßt.[3)]

Wenig mit interaktiven Entscheidungsprozessen vertraute Personen benötigen einen hilfreichen Experten oder zumindest einen sinnvoll strukturierten und programmierten Dialog mit dem Computer, um die bei diesem Verfahren von ihm verlangten Informationen geben zu können.

2.4.2. Das STEM-Verfahren

Hierbei handelt es sich um eine Methode, dem Entscheidungsträger Kompromißlösungen in Verbindung mit einer Minimierung des Abstandes von einer idealen, in der Regel aber nicht zulässigen Lösung anzubieten.

---

1) DYER (1974), S.173 .
2) HOGAN (1971), hier zitiert nach GEOFFRION et al.(1972),S.361 .
3) DYER (1972), S.66 .

Im Prinzip ähnliche Verfahren wurden u.a. von BENAYOUN/de MONTGOLFIER/KEUNERAN[1], AUBIN/NÄSLUND[2] und FANDEL[3] entwickelt.

Benötigt der STEM-Algorithmus selbst auch keine Angaben vom Entscheidungsträger bezüglich seiner Nutzenfunktion, so stellt sich doch die Frage, ob dieses Verfahren tatsächlich unabhängig von einer solchen Funktion ist, wie in der Literatur behauptet wird.[4]

Wie WALLENIUS[5] und AGARWAL[6] übereinstimmend berichten, ist es oft schwierig für den Anwender des Verfahrens, den Betrag anzugeben, um den ein Zielfunktionswert zugunsten eines anderen verändert werden soll. Hierbei spielt sicher eine Nutzenfunktion des Entscheidungsträgers doch eine Rolle. Denn nur sie kann ihm als Maßstab dazu dienen, den maximalen Betrag einer Veränderung eines Zielfunktionswertes zu bestimmen. Ist diese Festlegung noch dadurch erschwert, daß die möglichen Auswirkungen auf die Werte der anderen Zielfunktionen a priori nicht bekannt sind, so kann er nur vage Angaben machen in der Hoffnung, dadurch zu einer neuen Kompromißlösung zu gelangen, die ihm einen höheren Gesamtnutzen erbringt.

Nicht zuletzt weil die Antworten des Entscheidungsträgers im Dialog mit dem Rechner einer solchen - explizit nicht bekannten - Nutzenfunktion entsprechen, erscheint es sinnvoll, die in 2.2.6. beschriebenen Sensitivitätsanalysen zur Unterstützung der Entscheidung durchzuführen.

---

1) BENAYOUN/de MONTGOLFIER/KEUNERAN (1970).

2) AUBIN/NÄSLUND (1972).

3) FANDEL (1974).

4) Vgl. z.B. AGARWAL (1973), S.159, oder BENAYOUN et al. (1971), S. 368 .

5) WALLENIUS (1975a).

6) AGARWAL (1973).

Aus gleichem Grund erscheint es vorteilhaft, die Prozedur von STEM dahingehend abzuändern, Zielfunktionen, deren Wert vom Entscheidungsträger als zufriedenstellend eingestuft und entsprechend verringert werden, in weiteren Iterationen nicht davon auszuschließen, auf Wunsch des Entscheidenden wieder Gegenstand einer Modifizierung zu werden. Damit ergibt sich eine Möglichkeit der Entscheidungskorrektur für den Anwender im Verlaufe der Iterationen, auch wenn ein solches Vorgehen zulasten einer schnellen Konvergenz (spätestens nach r-1 Iterationen) des Algorithmus gehen kann.

Durch eine geringe Modifikation der Prozedur könnte am Anfang der ersten Iteration geprüft werden, ob die Ideallösung innerhalb des Zulässigkeitsbereiches liegt und damit schon die Lösung des Entscheidungsproblems darstellt.

Für den Fall eines unbeschränkten Zulässigkeitsbereiches X müssen vom Entscheidungsträger entsprechende Anspruchsniveaus erfragt werden, um den Bereich zu beschränken und das Erstellen der Pay-off-Tabelle zu ermöglichen.

Die Gewichtung der einzelnen Zielfunktionen wird bei STEM vom Rechenprogramm automatisch vorgenommen, und zwar unter Berücksichtigung der relativen Abweichungen der einzelnen Zielfunktionswerte von der Ideallösung. Jedoch sollte die Gewichtung zumindest für folgenden Fall eine Modifizierung erfahren:

Wenn $m_i < 0$, $M_i > 0$ und $|m_i| > |M_i|$, dann muß der "Quotient I"[1] der Gewichtungsvorschrift abgeändert werden in

$$\frac{M_i - m_i}{-m_i} \quad ,$$

um keine Verzerrung in den Gewichten entstehen zu lassen.

---

1) Vgl. Abschnitt 2.2.3.

Die Gewichtung kann in Abänderung des ursprünglichen Algorithmus auch subjektiv durch den Anwender selbst erfolgen, wie die Autoren von STEM bereits andeuten.[1)]

Die Bedeutung von Gewichtung und Normung der Zielfunktionen darf dabei jedoch nicht unterschätzt werden.[2)] Mit der Normung werden Verzerrungen vermieden, die durch stark unterschiedliche absolute Werte der Zielfunktionen (hervorgerufen z.B. durch verschiedene Dimensionen) entstehen könnten. Durch variierende Gewichtungsmethoden wird die Menge der effizienten Kompromißlösungen für das Entscheidungsproblem beeinflußt. Eine entsprechende Gewichtung kann daher den Umfang der Menge aller effizienten Kompromißlösungen erheblich verringern, welche wiederum eine Teilmenge aller effizienten Lösungen ist.[3)]

Über diese Zusammenhänge muß sich der Anwender des STEM-Verfahrens im klaren sein, bevor er die "objektive", programmierte Gewichtung der Zielfunktionen durch seine eigene, subjektive ersetzt.

Wie bereits erwähnt, geht STEM aus Vergleichstests wegen seiner einfachen Handhabung und geringen Informationsanforderungen an den Entscheidungsträger als dem Verfahren von GEOFFRION leicht überlegen hervor.

---

1) BENAYOUN et al. (1971), S.368.
2) Vgl. ZELENY (1973).
3) Vgl. ZELENY (1973).

2.4.3. Goal Programming

Praktische Vergleichstests liegen für dieses Verfahren nicht vor. Verglichen mit STEM und der Methode von GEOFFRION ist das allgemeine Goal Programming weit weniger flexibel. Es verlangt vom Entscheidungsträger a priori die Angabe der angestrebten Zielwerte und der Prioritätsfaktoren.

Die Festlegung auf Zielwerte ohne Kenntnis der Menge aller effizienten Lösungen kann zur Ineffizienz führen;[1] nämlich dann, wenn der Entscheidungsträger Zielwerte bestimmt, die zwar durch eine zulässige Lösung erreicht werden, jedoch durch andere, ebenfalls zulässige Lösungen noch verbessert werden könnten.

Die Verwendung von Prioritätsfaktoren des Typs $P_1 >>> P_2$ erscheint nur bedingt praxisrelevant. Denn die Maßgabe, daß ein Ziel erst dann angestrebt werden soll, wenn ein anderes voll erreicht ist, geht davon aus, daß die Ziele nicht austauschbar sind und der Entscheidungsträger über eine klare Prioritäten-Hierarchie verfügt.

Die genannten Nachteile werden - zumindest teilweise - im interaktiven Goal-Programming-Ansatz von DYER abgeschwächt.

So wird eine Effizienz der Lösungen dadurch gewährleistet, daß der Entscheidungsträger nur solche Zielwerte b_i angibt, für die gilt

$$\frac{\partial U}{\partial f_i} = 0 \qquad \text{bei} \quad f_i \geq b_i \quad .$$

---

1) Vgl. dazu auch ZELENY/COCHRANE (1973), S.382 .

Das heißt, der Entscheidungsträger ist gehalten, solche Zielwerte festzulegen, deren Überschreitung keinen Nutzenzuwachs mehr erbringt. Ob aber derartiges in der Praxis von einem Entscheidungsträger ohne Schwierigkeiten verlangt werden kann, ist fraglich.

Die strengen Prioritätsrelationen werden bei DYER ersetzt durch Gewichtungsfaktoren, die sich aus den lokalen Austauschraten der einzelnen Ziele ergeben.

Da nicht nur diese Gewichtung, sondern der gesamte Interaktionsprozeß von DYER dem Verfahren von GEOFFRION stark angelehnt ist, ergeben sich für das interaktive Goal Programming die gleichen Nachteile, wie sie bereits für das letztgenannte Verfahren angeführt wurden.

Vor allem das zugrundeliegende Nutzenkonzept und die damit verbundene Ermittlung von Austauschraten bereiten - wie erwähnt - in der Praxis Schwierigkeiten.

Dennoch ist das interaktive Goal Programming weit flexibler und auch wegen der anderen genannten positiven Modifikationen durch DYER dem allgemeinen Goal Programming eindeutig vorzuziehen.

3. Abbau interpersoneller Konflikte bei der Formulierung eines Entscheidungsmodells

3.1. Die Konflikte

In einem Entscheidungsprozeß, der von einer Einzelperson getragen wird, gehen zumeist die verschiedenen Zielobjekte in eindeutiger Weise in das Entscheidungsmodell ein. Die Komponente "Umsatz" zum Beispiel findet ihren Niederschlag im Entscheidungsmodell als zu maximierende Zielgröße oder als beschränkende Nebenbedingung.

Im kollektiven Entscheidungsprozeß hingegen ist es möglich, daß eine einzelne Komponente des Problems von verschiedenen Personen in abweichender Form in das Rechenmodell eingeführt wird. So kann zum Beispiel ein Entscheidungsträger die Komponente "Umsatz" in Form einer zu maximierenden Zielfunktion in ein Lösungsprogramm einbringen, ein anderer in Form einer restriktiven Nebenbedingung und ein dritter wiederum als Zielfunktion, die er minimiert wissen will.

Außerdem können verschiedene Personen eines Entscheidungsgremiums eine Restriktion unterschiedlich bewerten, d. h. mit abweichenden Koeffizienten versehen.

Bei den Restriktionen sind "zielunabhängige" und "zielabhängige" zu unterscheiden.[1)] Als zielunabhängig gelten jene Nebenbedingungen, die einen Sachverhalt beschreiben, der durch äußere Rahmenbedingungen (z. B. Technologie o.ä.) festgelegt ist und durch die Entscheidungsträger entweder gar nicht oder nicht in einem entscheidungsrelevanten Zeitraum verändert werden kann.

---

1) Vgl. DINKELBACH (1978), S. 53 .

Zielabhängige Restriktionen hingegen spiegeln die Wert- und Zielvorstellungen der Entscheidungsträger wider.

Eine Trennung zwischen diesen beiden Typen von Restriktionen ist nicht immer ganz klar herbeizuführen, weil zum Beispiel bei Ausdehnung des Planungshorizontes oder des Machtbereiches der Entscheidungsträger eine zielunabhängige Nebenbedingung sehr wohl zu einer zielabhängigen werden kann. Auch können Restriktionen als unveränderlich vorgegeben angesehen werden, weil der Entscheidungsträger sie subjektiv als solche einstuft.

Ex definitione gehen zielunabhängige Restriktionen in eindeutiger Weise und unveränderbar in ein Entscheidungsmodell ein. Zielabhängige Nebenbedingungen hingegen erlauben einen Spielraum zur Veränderung.

Soll zum Beispiel eine kollektive Entscheidung von drei Entscheidungsträgern A, B und C hinsichtlich des zukünftigen Umsatzes von zwei Produkten x_1 und x_2 getroffen werden, so könnte die Komponente "Umsatz" unter anderen in folgenden Varianten formal in das Entscheidungsmodell eingehen:

(a) Drei verschiedene Zielfunktionen:

A: maximiere $U = 3x_1 + 5x_2$

B: maximiere $U = 2x_1 + 5x_2$

C: minimiere $U = 3x_1 + 5x_2$

(b) Zwei verschiedene Zielfunktionen, eine Restriktion:

A: maximiere $U = 3x_1 + 5x_2$

B: minimiere $U = 3x_1 + 5x_2$

C: $U = 3x_1 + 5x_2 \leq 5000$

(c) Drei verschiedene Restriktionen:

A: $U = 3x_1 + 5x_2 \leq 6000$

B: $U = 2x_1 + 5x_2 \geq 5000$

C: $U = 3x_1 + 5x_2 \leq 5000$

Grundsätzlich stellt keiner dieser Fälle für die Anwendung der interaktiven Verfahren der Vektoroptimierung ein Hindernis dar. Schließlich sind diese für derartige Probleme konzipiert worden.

Es könnte jedoch notwendig werden, derartige Divergenzen bei der Formulierung des Entscheidungsmodells abzubauen, und zwar vor allem dann, wenn

(1) der Umfang des Modells die vorhandene Kapazität der zur Verfügung stehenden Rechenanalage übersteigt, oder

(2) die Menge zulässiger Lösungen in entscheidendem Umfang durch die Formulierung des Modells eingeschränkt oder sogar leer wird.

Abbildung 3.1.1 zeigt ein Beispiel, in dem zunächst zwei zielunabhängige Restriktionen I und II sowie die von A eingebrachte zielabhängige Restriktion III_A auftreten. Wenn Entscheidungsträger B eine zusätzliche zielabhängige Restriktion III_B aufstellt, dann schränkt diese den zulässigen Lösungsraum erheblich ein. Die Restriktion III_A wird redundant, und für den Entscheidungsträger A verlagert sich die optimale Lösung von M_1 nach M_2.

Wenn Z_A die vom Entscheidungsträger A formulierte zu maximierende Zielfunktion darstellt, dann ist der Konflikt zwischen den beiden Entscheidungsträgern A und B offensichtlich: Bereits vor Beginn des Optimierungsprozesses steht fest, daß B mit seiner Zielvorstellung mittels der Restriktion

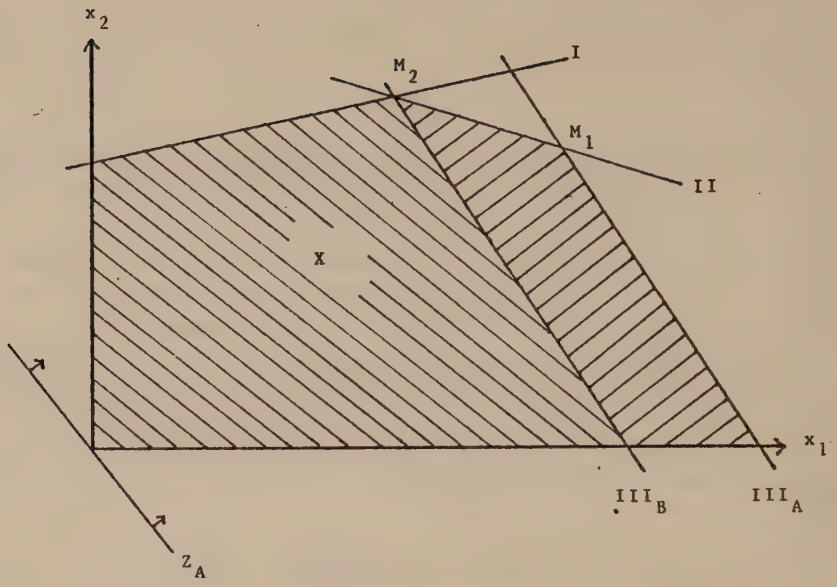


Abb.3.1.1: Beschränkung des zulässigen Lösungsraums durch die zusätzliche zielabhängige Restriktion III_B

III_B dem Maximierungsstreben von A eine unüberschreitbare Grenze setzt.

Eine noch drastischere Einschränkung des Zulässigkeitsbereiches wird durch zielabhängige Nebenbedingungen folgenden Typs verursacht:

$$A: \quad 3x_1 + 5x_2 \leq 5000$$
$$B: \quad 3x_1 + 5x_2 \geq 5000$$

Der zulässige Lösungsbereich reduziert sich dabei - geometrisch betrachtet - auf eine Gerade. Bei noch stärkerer Divergenz wie zum Beispiel in Restriktionen wie

$$A: \quad 3x_1 + 5x_2 \leq 4000$$
$$B: \quad 3x_1 + 5x_2 \geq 5000$$

wird die Lösungsmenge sogar leer.

Ein solcher Konflikt zwischen den Entscheidungsträgern ist vor allem dann denkbar, wenn sich in den zielabhängigen Restriktionen stark divergierende Zielvorstellungen widerspiegeln.

Solche Erkenntnisse vor der Anwendung eines interaktiven Optimierungsverfahrens können bei den Entscheidungsträgern zu der Forderung führen, in einem vorgeschalteten interaktiven Entscheidungsprozeß derartige Divergenzen abzubauen.

3.2. Abbau der Divergenzen

Im folgenden soll eine Möglichkeit aufgezeigt werden, interpersonelle Divergenzen bei der Formulierung eines Entscheidungsmodells zu verringern.

Lediglich aus Gründen der Vereinfachung und grafischen Darstellbarkeit beschränken sich die Ausführungen auf Zielfunktionen und Restriktionen mit jeweils nur zwei Variablen. Die nachfolgenden Überlegungen sind von so grundsätzlicher Natur, daß sie auf mehrdimensionale Problemstrukturen analog anwendbar sind.

3.2.1. Divergenzabbau bei Zielfunktionen

Es seien von zwei Entscheidungsträgern A und B hinsichtlich derselben Zielgröße Z zwei verschiedene Zielfunktionen formuliert:

Von A: maximiere $Z_A = ax_1 + bx_2$
Von B: maximiere $Z_B = cx_1 + dx_2$

Die beiden Zielfunktionen stehen nicht im Konflikt, wenn gilt

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} ,$$

d. h. wenn ihre Steigungen identisch sind, sie also parallel verlaufen.

Im Falle einer Divergenz gilt es - geometrisch betrachtet-, eine oder beide Zielfunktionen möglichst soweit zu drehen, daß sie parallel verlaufen (vgl. Abb. 3.2.1)

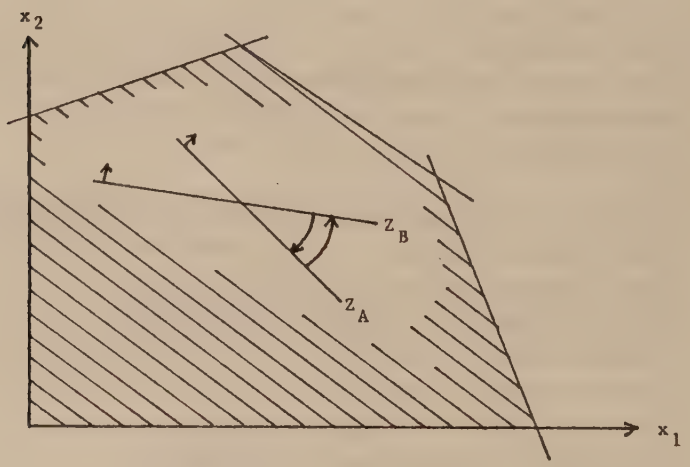


Abb.3.2.1: Drehung divergierender Zielfunktionen

Zur Verringerung der Divergenz bzw. zu deren völligen Beseitigung müssen sich also beide Entscheidungsträger gegenseitig dahingehend beeinflussen, das Verhältnis der jeweiligen Koeffizienten ihrer Zielfunktionen so zu verändern,

daß es dem der anderen Zielfunktion möglichst nahekommt, wenn möglich gleich ist.

Allgemein müssen also die ersten Ableitungen der divergierenden Zielfunktionen zur Übereinstimmung gebracht werden. Die dafür notwendigen Änderungen der Zielfunktionskoeffizienten sind für die Entscheidungsträger mit folgenden Kosten C verbunden:

Für A: $C_A = C(\Delta a, \Delta b)$
Für B: $C_B = C(\Delta c, \Delta d)$

3.2.2. Divergenzabbau bei Restriktionen

Beurteilen zwei Entscheidungsträger in einem kollektiven Entscheidungsprozeß zum Beispiel denselben Engpaß einer Unternehmung (Kapazität, Liquidität o. ä.) in Ausmaß und Belastung unterschiedlich, dann gehen bezüglich dieses Engpasses zwei Restriktionen in das Entscheidungsmodell ein, etwa von folgendem Typ:

Für A: $ex_1 + fx_2 \leq K_A$
Für B: $gx_1 + hx_2 \leq K_B$

Im Gegensatz zu divergierenden Zielfunktionen reicht bei unterschiedlichen Restriktionen zur Beseitigung der Divergenz - geometrisch betrachtet - eine Parallelisierung nicht aus, sondern es muß noch eine Verschiebung hinzutreten (vgl. Abb. 3.2.2).

Die Restriktionen verlaufen dann parallel, wenn gilt

$$\frac{e}{f} = \frac{g}{h}$$

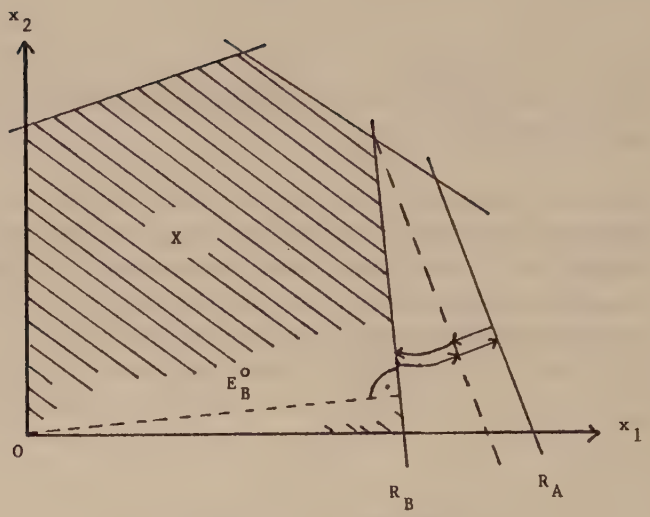


Abb. 3.2.2: Drehung und Parallelverschiebung von divergierenden Restriktionen R_A und R_B

Zur Messung der benötigten Strecke einer Parallelverschiebung können die jeweiligen Abstände der Restriktionen vom Ursprungspunkt ($x_1 = o$, $x_2 = o$) herangezogen werden, d. h. die durch diesen Punkt laufenden Normalen.

Für die oben beispielhaft angeführten Restriktionen von A und B bestimmen sich diese Abstände E^o als:

$$\text{Für A:} \quad E^o_A = \frac{K_A}{\sqrt{e^2 + f^2}}$$

$$\text{Für B:} \quad E^o_B = \frac{K_B}{\sqrt{g^2 + h^2}}$$

Eine Parallelverschiebung läßt sich offensichtlich entweder durch eine Änderung der Konstanten K_A bzw. K_B oder durch eine

Variation der Koeffizientensummen $(e^2 + f^2)$ bzw. $(g^2 + h^2)$ oder aber durch eine Kombination von beidem erreichen.

Damit ergeben sich für den Abbau einer Divergenz zwischen den beiden Restriktionen folgende Kosten:

Für A: $C_A = C\ (\Delta e,\ \Delta f) + C\ (\Delta K_A,\ \Delta(e^2 + f^2))$
Für B: $C_B = C\ (\Delta g,\ \Delta h) + C\ (\Delta K_B,\ \Delta(g^2 + h^2))$

Die mit Δ versehenen Termini bezeichnen dabei den jeweiligen Veränderungsbetrag, der notwendig ist, um die Divergenzen zu eliminieren.

3.3. Kosten eines Divergenzabbaus

Zur Bestimmung der optimalen Veränderungsraten hinsichtlich der Koeffizienten von divergierenden Zielfunktionen bzw. Restriktionen sei das Prinzip der Minimierung der Kosten herangezogen, die mit einer solchen Veränderung verbunden sind.

Dabei können folgende Fälle unterschieden werden:

(a) objektive Kostenminimierung
(b) subjektive Kostenminimierung

Unter objektiver Kostenminimierung sei die Minimierung verstanden, die eine dritte, unparteiische Person vornähme. Es werden für die jeweiligen Entscheidungsträger die Änderungsraten ihrer Koeffizienten festgelegt, die zu einem Minimum der Gesamtsumme der Kosten aller beteiligter Entscheidungsträger führt.

Für obiges Beispiel führen die optimalen zur Beseitigung der Divergenz notwendigen Koeffizientenveränderungen zu folgenden minimalen Kosten:

$$C_{min} = \text{Minimum } (C_A + C_B)$$

Dabei folgen die jeweiligen Koeffizientenänderungskosten den individuellen Kostenfunktionen der einzelnen Entscheidungsträger, die in der Regel als nichtlinear anzusehen sind; denn es steht zu vermuten, daß bei zunehmender Veränderung der Koeffizienten seiner Zielfunktion bzw. Restriktion die Grenzkosten für den einzelnen Entscheidungsträger steigen.

Diese objektive Kostenminimierung wird von COLLISON[1)] in seiner "Mathematical Theory of Conflict Reduction" vorgeschlagen.

Jedoch erscheint eine derartige Kostenminimierung im Zusammenhang mit Zielkonflikten im kollektiven Entscheidungsprozeß kaum realistisch.

Die beschriebenen Divergenzen spiegeln die verschiedenen Interessen der Entscheidungsträger wider. Bei einer objektiven Kostenminimierung kann es ggf. nötig sein, daß zur Erreichung des objektiven Minimums ein Entscheidungsträger die seinen Interessen entsprechenden Zielfunktions- und Restriktionskoeffizienten vollkommen zugunsten der Interessen eines anderen Entscheidungsträgers verändern muß.Auch wenn der Divergenzabbau auf dem Wege von Verhandlungen erfolgt, erscheint ein solches Verhalten im kollektiven Entscheidungsprozeß insbesondere deshalb wenig realistisch, weil zum Beispiel der Entscheidungs-

---

1) COLLISON (1973).

träger, dessen Restriktion die eines anderen redundant werden läßt, in einer ungleich stärkeren Verhandlungsposition ist.

Jeder Beteiligte am Entscheidungsprozeß wird vielmehr bestrebt sein, Veränderungen der Restriktionen und/oder Zielfunktion zu für ihn persönlich minimierenden Kosten zu erreichen. - A und B würden also zum Beispiel nur Koeffizientenveränderungen zustimmen, für die gilt:

$$\text{Für A: } C_{A\,min} = \text{Minimum } \{C\,(\Delta a, \Delta b, \Delta e, \Delta f) + C\,(\Delta K_A, \Delta(e^2 + f^2))\}$$

$$\text{Für B: } C_{B\,min} = \text{Minimum } \{C\,(\Delta c, \Delta d, \Delta g, \Delta h) + C\,(\Delta K_B, \Delta(g^2 + h^2))\}$$

Das subjektive Kostenminimum

$$C_{A\,min} = 0$$

$$\text{bzw. } C_{B\,min} = 0$$

wird jedoch von dem einzelnen Entscheidungsträger bereits dadurch erreicht, daß er seine Restriktionen bzw. Zielfunktionen nicht verändert. Es müssen für die Entscheidungsträger also noch Zwang oder Anreiz gegeben sein, die von ihnen eingebrachten Koeffizienten zu verändern, damit es überhaupt zu einem Abbau der Divergenzen kommt.

Sieht man einmal von einem Zwang[1)] zur Einigung ab, dann wird ein Entscheidungsträger dann bereit sein, die von ihm in das Optimierungsmodell eingebrachten Koeffizienten zu revidieren, wenn er dafür von den anderen am Entscheidungsprozeß Beteiligten eine entsprechende Kompensationszahlung

---

1) Bereits die Erkenntnis, daß bei Nichteinigung kein Optimierungsprozeß eingeleitet wird, kann einen ausreichenden Zwang zu einem Divergenzabbau ausüben.

KZ erhält.

Für A und B muß beispielsweise gelten:

Für A: $KZ_B - C_{A\,min} = 0$

Für B: $KZ_A - C_{B\,min} = 0$

Dabei bezeichnet KZ_A (KZ_B) die von A (B) an B (A) geleistete Kompensation.

So wird ein Entscheidungsträger, dessen in das Optimierungsmodell eingebrachte Zielfunktion durch die Restriktion eines anderen eine Beschränkung erfährt oder dessen eigene Restriktion durch die eines anderen redundant wird, zu einer Kompensationszahlung bereit sein, solange die Summe aus seinen Koeffizientenänderungskosten und der zu leistenden Kompensation kleiner oder gleich dem Wert ist, den er der dafür empfangenen Gegenleistung beimißt. Daraus folgt zwangsläufig, daß es nur dann zu einem Abbau von Divergenz durch Einigung zwischen den Entscheidungsträgern kommt, wenn jeweils Kompensationszahlungen angeboten werden können, die für den Empfänger einen höheren Wert haben als für den Zahlenden.

Dabei sind die Kompensationszahlungen und Kosten nicht auf Geldeinheiten beschränkt. Auch Dimensionen wie Zeit, Risiko, Verzicht auf Zielerreichung o. ä. sind denkbar. So könnte B von A dazu bewogen werden, die Koeffizienten einer von ihm eingebrachten Restriktion zu verändern, indem A seinerseits B entgegenkommt und eine seiner Nebenbedingungen lockert oder Zielvorstellungen ändert.

Der Abbau der Divergenzen vollzieht sich in dieser Weise auf dem Wege eines Verhandlungsspiels. Es ist dabei zu be-

achten, daß ex definitione eine Restriktion in einem Optimierungsprozeß eine Zielfunktion durch Beschränkung dominieren kann - nicht aber umgekehrt - und eine Restriktion eine andere dominiert, wenn sie diese redundant werden läßt. Diese Eigenschaften sind von Bedeutung für die Stärke der Verhandlungspositionen der einzelnen Entscheidungsträger.

3.4. Einschränkung des Divergenzabbaus

Grundsätzlich kann ein solcher Divergenzabbau für alle Zielfunktionen bzw. Restriktionen eines Optimierungsproblems vorgenommen werden.[1] Jedoch erscheint dieses wenig sinnvoll, weil ein derartiges Vorgehen unwirtschaftlich - da sehr zeitaufwendig - sein kann.

Und letztlich ist eine strikt konsequente Anwendung nicht notwendig, da die interaktiven Verfahren zur Lösung des Vektormaximumproblems auf die Berücksichtigung divergierender Zielvorstellungen angelegt sind.

Deshalb sollen im folgenden einige Einschränkungen hinsichtlich der Notwendigkeit eines Divergenzabbaus gemacht werden.

Eine wesentliche Begrenzung der Zahl der Versuche, bei der Problemformulierung Divergenzen abzubauen, läßt sich dadurch erreichen, daß nur zwischen jenen Zielfunktionen und/oder Restriktionen eine Verringerung der Divergenz angestrebt wird, die ein und dasselbe Zielobjekt (z. B. Umsatz, Kapazität o. ä.) zum Gegenstand haben.

Eine weitere Einschränkung ist es, von diesen Zielfunktionen nur jene bei einem Divergenzabbau zu berücksichtigen, deren individuelle Maxima unterschiedlich sind.

---

1) Vgl. COLLISON (1973).

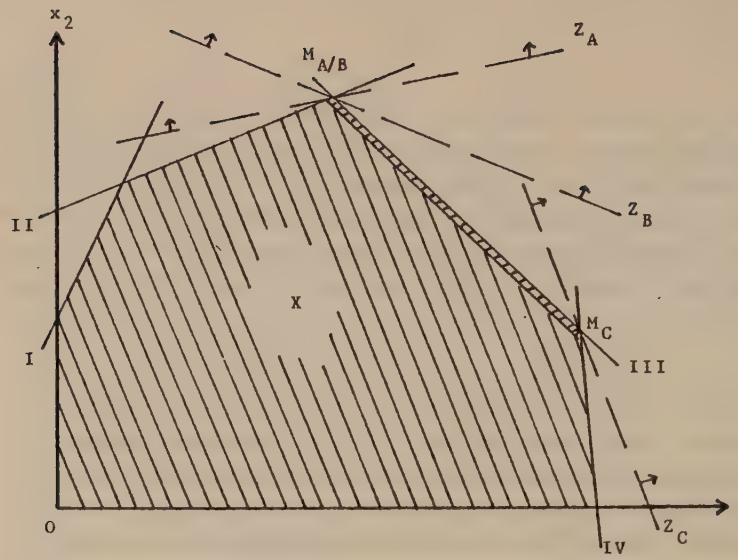


Abb. 3.4.1: Die Bedeutung der individuellen Maxima und des effizienten Lösungsbereichs für einen Divergenzabbau

Abbildung 3.4.1 zeigt drei verschiedene Zielfunktionen der Entscheidungsträger A, B und C, die dasselbe Zielobjekt (z. B. Gewinn) zum Gegenstand haben. Dabei besitzen die Zielfunktionen von A und B trotz Divergenz ein gemeinsames individuelles Maximum. Wenn es gelingt - etwa durch Verhandlungen -, die Entscheidungsträger dazu zu bewegen, die Koeffizienten ihrer Zielfunktionen lediglich derart zu verändern, daß sich für Z_A, Z_B und Z_C ein gemeinsames individuelles Maximum ergibt, so kann bereits dadurch das Gesamtproblem wesentlich verringert werden. Das Ausmaß der dazu notwendigen Koeffizientenveränderungen läßt sich durch Sensitivitätsanalysen bestimmen.[1)]

---

1) Vgl. dazu u. a. DINKELBACH (1969a).

Es darf in diesem Zusammenhang aber nicht unerwähnt bleiben, daß auch dann, wenn divergierende Zielfunktionen ein gemeinsames individuelles Optimum besitzen, die Divergenz von Bedeutung sein kann; nämlich für die anschließende Kompromißfindung, bei der die verbleibende Divergenz einen wesentlichen Einfluß auf die Lösung des Vektormaximumproblems haben kann.

Hinsichtlich eines Divergenzabbaus bei Nebenbedingungen läßt sich feststellen, daß lediglich die Restriktionen relevant sind, die den effizienten Lösungsbereich begrenzen.

Im Beispiel der Abbildung 3.4.1 wird der effiziente Lösungsbereich dargestellt durch die lineare Verbindung der individuellen Maxima $M_{A/B}$ und M_C. Es ist offensichtlich, daß die Restriktion I keinen Einfluß auf die effizienten Lösungen ausübt und damit sinnvollerweise nicht Gegenstand eines Divergenzabbaus ist.

Für die Prüfung, ob eine Restriktion den effizienten Lösungsbereich eines Optimierungsproblems beschränkt oder nicht, sei auf Methoden zur Bestimmung der Menge aller effizienten Lösungen und auf Verfahren zur Identifikation redundanter Nebenbedingungen verwiesen.[1)]

---

1) Zur Bestimmung der Menge effizienter Lösungen vgl. u.a. HOLL (1973), EVANS/STEUER (1973), ECKER/KOUADA (1975), ISERMANN (1976) ; zur Identifikation redundanter Restriktionen vgl. GAL (1975).

3.5. Zusammenfassung

In der Regel steigt mit wachsender Mitgliederzahl eines Entscheidungsgremiums auch die Zahl der in das Optimierungsmodell eingehenden Zielfunktionen und Restriktionen. Da jedoch sowohl die Kapazität einer Rechenanlage als auch die Zahl der in der praktischen Anwendung von den in Kapitel 2. beschriebenen interaktiven Lösungsverfahren zu bewältigenden Ziele beschränkt sind, kann der Fall eintreten, daß erst ein Divergenzabbau bei der Formulierung des Entscheidungsmodells die Anwendung der genannten Optimierungsverfahren möglich macht.

Ein weiteres entscheidendes Argument für einen solchen Divergenzabbau ist der Umstand, daß bereits bei der Formulierung des Entscheidungsmodells die Entscheidungsträger Zielwerte festsetzen können, die ein kollektives Herbeiführen einer optimalen Entscheidung wesentlich einschränken oder gar unmöglich werden lassen.

Allein darin ist schon ein Anreiz für die Entscheidungsträger zu sehen, einen derartigen Divergenzabbau vorzunehmen, der zeitlich vor der eigentlichen Optimierungsphase liegt. Hinzu tritt das Bemühen der Entscheidungsträger, ihre Individualinteressen mit möglichst weitgehender Aussicht auf Erfolg in das Entscheidungsmodell eingehen zu lassen, welchem ein Divergenzabbau entgegenkommt.

Die mit dem Divergenzabbau verbundenen Kosten und Gegenleistungen sind von entscheidender Bedeutung für die Bereitschaft der Entscheidungsträger, sich an einem Divergenzabbau zu beteiligen.

4. Kollektive Entscheidungen durch Aggregation von Präferenzen

Bei jeder Entscheidung, die innerhalb einer Gruppe von Entscheidungsträgern gefällt wird, ist die Methode von besonderer Bedeutung, mit der Individualpräferenzen aggregiert werden.

Es ist eine Aggregationsmethode zu finden, die zu einer aggregierten Präferenz führt, die den individuellen Präferenzen aller Individuen oder aber zumindest einer Mehrheit von ihnen entspricht.

Dazu sollen im folgenden einige grundlegende Aspekte der Theorie über Präferenzen und ihre Aggregation ausgewählt und dargestellt werden. [1)]

4.1. Definitionen und Charakteristika von Präferenzbeziehungen

Wird von einem Individuum eine Alternative a einer Alternative b echt vorgezogen, so besteht eine starke Präferenzrelation P zwischen a und b, dergestalt, daß

$$a \; P \; b \; .$$

Ist das Individuum hinsichtlich der beiden Alternativen indifferent, so gilt die Indifferenzrelation I :

$$a \; I \; b \; .$$

---

1) Umfassende Darstellung finden sich u. a. bei ARROW (1950 et al.), MAY(1952 et al.), MURAKAMI(1961 et al.) GÄFGEN (1963), SEN(1964 et al.), PATTANAIK (1970 et al.) FISHBURN (1970 et al.), TRISTRAM (1974), RÖDDING (1975) SCHAUENBERG (1978).

Eine schwache Präferenzrelation R liegt dann vor, wenn eine Alternative als wenigstens so gut wie die andere angesehen wird, die Indifferenz also nicht ausgeschlossen ist:

a R b

Für Präferenzbeziehungen R lassen sich neben anderen [1] folgende Eigenschaften definieren:

1) Reflexivität : Es gilt a R a, d.h. z. B., daß eine Alternative wenigstens so gut ist wie sie selbst.
2) Vollständigkeit: Zwischen allen zur Verfügung stehenden Alternativen besteht eine Präferenzbeziehung, d.h. z.B., bei einer Alternativenmenge (a,b) gilt entweder a R b oder b R a, unter Ausschluß einer Identität von a und b .
3) Transitivität: Gilt a R b und gleichzeitig b R c, so muß auch gelten a R c.
4) Quasitransitivität : Bezeichnet die Transitivitätseigenschaft für die starke Präferenz P : Gilt a P b und gleichzeitig b P c, so muß auch gelten a P c .

4.2. Präferenzordnungen

Erfüllen die paarweisen Präferenzbeziehungen zwischen allen Elementen einer Alternativenmenge die Bedingungen der Vollständigkeit, Reflexivität und Transitivität, so kann eine " Vollständige Ordnung " [2] über die Menge aller

---

1) Vgl. dazu u. a. TRISTRAM (1974), S. 7 .
2) Vgl. ARROW (1963), S. 13 .

Alternativen gebildet werden.

Gelten z. B. gleichzeitig die Relationen a P b und b P c und c P d und sind die genannten Bedingungen erfüllt, so ergibt sich die vollständige Ordnung als

a P b P c P d .

4.3. Wahlmengen und Wahlfunktionen

Es erscheint sinnvoll, dem Entscheidungsträger nur die Menge von Alternativen zur Entscheidung vorzulegen, die nicht von anderen in ihrer Qualität übertroffen werden. Eine solche als Wahlmenge [1] bezeichnete Alternativenmenge wird definiert als die Gesamtheit aller Alternativen, die nicht von anderen dominiert werden. Jedes Element der Wahlmenge wird also jedem Element der Gesamtheit aller Alternativen vorgezogen, das nicht der Wahlmenge angehört, und ist den anderen Elementen der Wahlmenge gleichwertig.

Eine Wahlmenge erhält man mittels einer Wahlfunktion [2], die ganz allgemein eine Funktion darstellt, die jeder Menge von Alternativen eine Wahlmenge zuordnet, die nicht leer ist, also mindestens eine Alternative enthält. Gleiches gilt

---

1) S. dazu vor allem SEN (1969), S. 381-385 .

2) Vgl. ARROW (1963), S. 15 .

für alle Teilmengen der Gesamtheit aller Alternativen.

Da unter bestimmten Bedingungen die Wahlmenge auch leer sein kann, existiert nicht notwendigerweise für jede Alternativenmenge eine Wahlfunktion. Sind die Bedingungen der Reflexivität und der Vollständigkeit verletzt oder treten innerhalb der Präferenzordnung Zyklen auf, so ist eine Wahlfunktion nicht definiert. [1)]

Dazu soll kurz die Zyklenfreiheit innerhalb einer Präferenzordnung näher erläutert werden.

Eine Präferenzrelation R ist dann azyklisch über der endlichen Menge S aller Alternativen, wenn für alle Alternativen x_i mit (i= 1, 2, 3, ..., n) gilt:

$$\left\{ x_1 \, P \, x_2 \;\&\; x_2 \, P \, x_3 \;\&\; \ldots \;\&\; x_{n-1} \, P \, x_n \right\} \longrightarrow x_1 \, R \, x_n$$

Diese Bedingung ist im folgenden Beispiel nicht erfüllt:

Die Alternativen x_1, x_2, x_3, seien Elemente der Menge S und die Präferenzrelationen lauteten $x_1 P x_2$, $x_2 P x_3$, $x_3 P x_1$. Durch die letztgenannte Präferenz entsteht ein Zyklus.

Auf den engen Zusammenhang, aber auch den Unterschied zwischen Quasitransitivität und Azyklizität weist ausdrücklich SCHAUENBERG [2)] hin: Ist eine Präferenzordnung quasitransitiv, so weist sie keine Zyklen auf. Von einer Zyklenfreiheit darf aber nicht notwendigerweise auf eine Quasitransitivität geschlossen werden.

---

1) Vgl. SEN (1970), S. 14 .

2) s. SCHAUENBERG (1978), S. 31 .

So ist zum Beispiel die Präferenzordnung ,
$x_1 \; P \; x_2 \; \& \; x_2 \; P \; x_3 \; \& \; x_1 \; I \; x_3$ frei von Zyklen, jedoch intransitiv.
Die Azyklizität erlangt eine besondere Bedeutung bei der Aggregation von individuellen Präferenzen.

4.4. Aggregationsfunktionen

Bei kollektiven Entscheidungen einer Gruppe von n Entscheidungsträgern spielen die n individuellen Präferenzordnungen der Mitglieder eine elementare Rolle. Es wird im folgenden davon ausgegangen, daß eine Gruppenentscheidung durch eine Aggregation der Individualpräferenzen zustandekommen soll.

Dazu bedarf es einer geeigneten Aggregationsfunktion f, die in der Praxis im allgemeinen aus bestimmten Entscheidungsregeln besteht[1] :

$$R = f \; (\; R_1, \; R_2, \; \ldots, \; R_n \;) \; ,$$

wobei R die durch f bestimmte aggregierte Präferenzordnung und R_i (i= 1,..., n) die individuellen Präferenzordnungen bezeichnen.

Ein zentrales Problem der kollektiven Entscheidung, dessen sich vor allem Philosophen annahmen, war schon immer die Auswahl einer geeigneten Aggregationsregel. Dieses Problem kann bis heute noch nicht als gelöst angesehen werden, da keine solche Regel als optimal bezeichnet werden kann.

Ein grundlegendes Charakteristikum jeder Gruppenentschei-

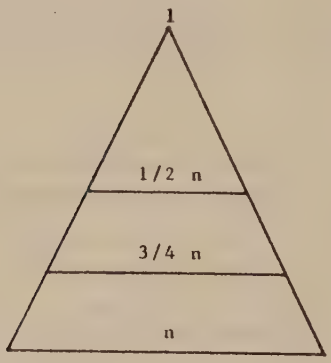
---

1) Vgl. dazu TRISTRAM (1974), S. 19 .

dungsregel ist die Zahl der bei der Entscheidung berücksichtigten Gruppenmitglieder.

Unter den vielen Entscheidungsregeln, die denkbar sind, haben vor allen folgende eine praktische Bedeutung erlangt: Diktatorentscheidung, Mehrheitsentscheidung und Einstimmigkeitsentscheidung.

Der Einfluß der einzelnen Regeln auf die Zahl der die Entscheidung tragenden Personen macht die folgende Pyramide deutlich (n = Gesamtzahl der mitentscheidenden Personen):



In den nachfolgenden Abschnitten dieser Untersuchung soll einschränkend nur noch die Entscheidungsregel der einfachen Mehrheit in Betracht kommen, vor allem wegen ihrer Praktikabilität und ihrer weiten Anwendungsbereiche in modernen demokratischen Gesellschaftsformen.

4.5. Rationales Verhalten

Zunächst soll davon ausgegangen werden, daß sich jedes Individuum der Gruppe im Entscheidungsprozeß rational verhält.

Das bedeutet vor allem die Existenz von Vollständigkeit und Transitivität für die Präferenzrelationen des Individuums.[1] Der Entscheidungsträger muß in der Lage sein, zwischen allen Alternativen paarweise klare Präferenzen bzw. Indifferenzen zu artikulieren und zwischen mehr als zwei Alternativen eine transitive Präferenzordnung aufzustellen.

Außerdem soll er in seinen Entscheidungen dem Prinzip der individuellen Nutzenmaximierung folgen.

Es muß dabei beachtet werden, daß in der Praxis die Transitivität durch ein gewisses Unvermögen des Individuums gefährdet sein kann, die Nutzenunterschiede der einzelnen Alternativen richtig einzuschätzen.[2]

Jedoch zur Verdeutlichung der Problematik rationalen Verhaltens bei Kollektiventscheidungen soll im folgenden eine Intransitivität der Individualpräferenzen ausgeschlossen werden. Denn selbst dann, wenn jedes Individuum eine eindeutig transitive Präferenzordnung besitzt und diese in die Gruppenpräferenz einbringt, so ist es möglich, daß die aggregierte Präferenz intransitiv wird.[3]

---

1) Vgl. TRISTRAM (1974), S. 24 .

2) Vgl. TRISTRAM (1974), S. 25 ff. und TISDELL(1966) .

3) Bezüglich notwendiger und hinreichender Bedingungen für Transitivität bei Präferenzaggregation per Mehrheitsabstimmung vgl. DAVIS/De GROOT/HINICH (1972).

ARROW [1] konnte nachweisen, daß bei einer Aggregation von mehr als drei individuellen Präferenzordnungen unter Anwendung demokratischer Entscheidungsregeln eine Gruppenpräferenz zustandekommen kann, die keine Ordnung darstellt, weil ihr die Transitivität fehlt.

Es kann dann zu dem bekannten Abstimmungsparadoxon kommen, wie folgendes Beispiel zeigt :

Präferenzen der Individuen	1.Individuum	2.Individuum	3.Individuum
	a P b	b P c	c P a
	b P c	c P a	a P b
	a P c	b P a	c P b

Daraus ergeben sich die transitiven Präferenzordnungen der einzelnen Individuen als

1. a P b P c
2. b P c P a
3. c P a P b

Unter Verwendung einer Abstimmung per einfacher Mehrheit erhält man die intransitive Gruppenpräferenz

a P b P c P a .

Somit garantiert die Entscheidungsregel der einfachen Mehrheit keine Gruppenpräferenz, die die Bedingungen einer Präferenzordnung erfüllt ; oder anders ausgedrückt : Selbst rationales Handeln jedes einzelnen Gruppenmitgliedes führt nicht zwingend zur Erfüllung der Rationalitätsbedingungen durch die gesamte Gruppe. [2]

---

1) Vgl. ARROW (1963) .

2) Vgl. hierzu u.a. BLIN/SATTERTHWAITE (1978) .

4.6. Das ARROW-Theorem

Bereits das demonstrierte Abstimmungsparadoxon weist auf eine allgemeine Problematik hin : Es existiert keine Gruppenentscheidungsregel, die einen Katalog von Bedingungen erfüllt, die als Qualitätskriterien für solche Regeln von ARROW aufgestellt wurden.

Diese Bedingungen von ARROW lauten :[1)]

Bedingung I : Die Gruppenentscheidungsregel soll für alle nur möglichen individuellen Präferenzordnungen eine transitive und vollständige Gruppenpräferenz ermitteln.

Bedingung II : Wenn alle Individuen der Gruppe die Alternative a der Alternative b vorziehen, so muß die Gruppenentscheidungsregel gewährleisten, daß auch in der aggregierten Präferenz a gegenüber b vorgezogen wird (auch PARETO-Prinzip genannt). [2)]

Bedingung III: Die Gruppenentscheidungsregel soll bei der Aggregation die Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen wahren. Die relative Stellung zweier Alternativen in den individuellen Präferenzordnungen soll bei der Aggregation auch bei Berücksichtigung einer dritten Alternative nicht verändert werden.

Bedingung IV: Die Gruppenentscheidungsregel soll garantieren, daß die kollektive Präferenz nicht unabhängig von der individuellen Präferenzordnung ist. [3)]

---

1) Vgl. ARROW (1963) .

2) Vgl. SCHAUENBERG (1978), S. 6o .

3) Zur Vergleichbarkeit von Präferenzen vgl. SEN (197O b).

Bedingung V : Die Gruppenentscheidungsregel darf nicht zulassen, daß ein Individuum mit seiner Präferenzordnung unabhängig von den Präferenzen der anderen Individuen die Gruppenpräferenz bestimmt, d. h. die Entscheidung diktatorisch fällt.

ARROW beweist mittels dieser Bedingungen sein Unmöglichkeitstheorem [1], wonach keine kollektive Wahlfunktion existiert, die alle fünf Bedingungen gleichzeitig erfüllt, wenn mindestens zwei Entscheidungsträger über mindestens drei Alternativen entscheiden. [2]

Für die Aggregationsregel der Abstimmung per einfacher Mehrheit sind die Bedingungen II bis V erfüllt, nicht jedoch Bedingung I .

Da ARROW's Bedingung I transitive kollektive Präferenzordnungen fordert, erscheint es relativ einfach, diese Bedingung durch die Regel der einfachen Mehrheit dadurch erfüllbar zu machen, daß man nicht mehr alle möglichen Individualpräferenzen zuläßt, sondern bestimmte individuelle Präferenzordnungen einfach ausschließt. [3]

Mittels solch einschränkender Maßnahmen kann man es erreichen, daß die Regel der einfachen Mehrheit transitive

---

1) Vgl. ARROW (1963) S. 59 .

2) Eine Darstellung und Diskussion der Theoreme von ARROW und ihrer Weiterentwicklung durch MAY(1952-1954),SEN (1964-1971), INADA (1964-1969) und andere wird ausführlich gegeben zum Beispiel bei TRISTRAM(1974),SCHAUENBERG (1978), HANSSON (1969) und FISHBURN (1970d) .

3) TRISTRAM (1974), S. 38 ff.

Gruppenpräferenzen ergibt und somit alle Bedingungen nach ARROW erfüllt.

Jedoch ist dieses für den Entscheidungsträger in der Praxis nicht akzeptabel, denn es " bleiben ihm bei dieser Beschränkung nicht viele Möglichkeiten, um seinen Willen, bzw. seine Präferenz auszudrücken. " [1)]

Daher soll im folgenden versucht werden, einen anderen Weg aufzuzeigen, die Regel der einfachen Mehrheit derart zu modifizieren, daß die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Intransitivitäten geringer wird, jedoch die Aggregationsmethode dennoch praktikabel bleibt.

4.7. Kardinale Präferenzaggregation

Anhand einiger Beispiele soll das Abstimmungsparadoxon und eine Möglichkeit zu dessen Vermeidung verdeutlicht werden.

Zur Vereinfachung sei angenommen, daß alle individuellen Präferenzordnungen nur starke Präferenzen zeigen, d. h. die Indifferenz ausgeschlossen ist.

Aus Gründen der besseren Anschaulichkeit sei weiterhin davon ausgegangen, daß eine Präferenzaggregation auf zwei Ebenen durchzuführen ist, d. h., mehrere Gruppen gelangen unabhängig voneinander jeweils zu Gruppenpräferenzen, die dann auf höherer Ebene wiederum zu einer kollektiven Präferenz aggregiert werden sollen.

4.7.1. Zur Vermeidung von Intransitivität

Die Beispielsituation sehe folgendermaßen aus:
Drei Gruppen g_1, g_2 und g_3 mit jeweils 7 Mitgliedern haben unabhängig voneinander über drei unabhängige Alternativen

---

1) TRISTRAM (1974), S. 63 .

a, b und c per Abstimmung mit einfacher Mehrheit zu entscheiden und dadurch zu einer Gruppenpräferenz zu gelangen. Jede Gruppe entsendet anschließend einen Vertreter in ein übergeordnetes Gremium G, in welchem die drei Gruppenpräferenzen zu einer einzigen gemeinsamen Präferenz aggregiert werden sollen. Die drei Gruppenvertreter sind dabei gleichberechtigt und benutzen als Aggregationsmethode ebenfalls die Abstimmung per einfacher Mehrheit.

Die Präferenzen lauten im einzelnen (in Klammern die Stimmenverhältnisse) :

Abstimmung	Gruppe g_1	Gruppe g_2	Gruppe g_3
auf 1.Ebene	a P_1 b (5:2)	b P_2 c (6:1)	c P_3 a (4:3)
	b P_1 c (4:3)	c P_2 a (6:1)	a P_3 b (4:3)
	a P_1 c (7:0)	b P_2 a (4:3)	c P_3 b (5:2)
Aggregation auf 1.Ebene	a P_1 b P_1 c	b P_2 c P_2 a	c P_3 a P_3 b

Abstimmung auf 2. Ebene, Gremium G

a P b (2:1)
b P c (2:1)
c P a (2:1)

Aggregation auf 2. Ebene, Gremium G

a P b P c P a

Das Beispiel zeigt, daß die drei transitiven Gruppenpräferenzordnungen bei Aggregation durch einfache Mehrheitsregel zu einer zyklischen Präferenz führen.

Bei dieser Aggregationsmethode werden die Stimmenverhältnisse unberücksichtigt gelassen, die für das Zustandekommen der einzelnen Präferenzen verantwortlich sind.

Berücksichtigt man dagegen diese Stimmenverhältnisse über alle drei Gruppen, ergibt sich folgende Aggregation :

Für a P b bzw. gegen b P a stimmen 12 Personen von der Gesamtheit von 21 Personen, also 57 %. Für b P c ergibt sich eine Mehrheit von ebenfalls 57 %, für c P a jedoch nur eine Minderheit von 48 %. Somit führt die Auswertung der einzelnen Stimmenverhältnisse zu der transitiven kollektiven Präferenzordnung

a P b P c

Solange die Stimmenverhältnisse unberücksichtigt bleiben, gelangt man zu ordinalen Präferenzordnungen, die keine Aussage darüber machen, wie stark eine Alternative einer anderen tatsächlich vorgezogen wird, sondern lediglich darüber, daß sie vorgezogen wird.

Geht man vom Konzept der ordinalen Präferenzstruktur ab und nutzt eine zusätzliche Information, nämlich die Präferenzintensität, dann gelangt man zu kardinalen Präferenzen.

Und wie das Beispiel zeigt, kann die Berücksichtigung der Präferenzintensität dazu führen, eine Intransitivität zu vermeiden, die bei Aggregation ordinaler Präferenzordnungen aufgetreten wäre.

4.7.2. Berücksichtigung von Mehrheitspräferenzen

Daß die Auswertung der Präferenzintensität aber nicht zwingend immer zu transitiven Präferenzordnungen führt, soll ein weiteres Beispiel zeigen :

Gruppe g_1	Gruppe g_2	Gruppe g_3
a P_1 b (4:3)	b P_2 c (4:3)	c P_3 a (4:3)
b P_1 c (4:3)	c P_2 a (4:3)	a P_3 b (4:3)
a P_1 c (7:0)	b P_2 a (7:0)	c P_3 b (7:0)
a P_a b P_1 c	b P_2 c P_2 a	c P_3 a P_3 b

Ohne Berücksichtigung der Stimmenverhältnisse führt eine Aggregation im Gremium G zu der intransitiven Präferenz

a P b P c P a

Untersucht man durch Stimmenauszählung, wieviele Individuen tatsächlich hinter dieser Präferenz stehen, ergibt sich das bemerkenswerte Ergebnis:

Für a P b bzw. gegen b P a stimmen 8 Individuen, also lediglich 38 %, und für b P c und c P a jeweils auch nur 38 %.

Die Aggregation rein ordinaler Präferenzen führt hier also zu einem Ergebnis, das bei Realisierung nachträglich nur von einer Minderheit der Gesamtheit aller an den Abstimmungsprozessen Beteiligten gebilligt werden kann.

Berücksichtigt man hingegen bei der Aggregation auf zweiter Ebene, nämlich im Gremium G, die Präferenzintensitäten der drei Gruppen,so gelangt man bei der Aggregation zu dem

genau umgekehrten Ergebnis

c P b P a P c ,

welches von einer Mehrheit von 62 % aller Beteiligten getragen wird. Jedoch erfüllt auch diese kollektive Präferenz nicht die Bedingung der Transitivität.

Dieses Beispiel macht deutlich : Die Aggregation kardinaler Präferenzen führt zwar nicht zwingend zu transitiven Kollektivpräferenzen, sie gewährleistet jedoch, daß die per einfacher Mehrheitsabstimmungen schließlich herbeigeführte Kollektivpräferenz der einfachen Mehrheit entspricht.

Wenn man von der Aggregation per einfacher Mehrheit fordert, daß sie zu einem Ergebnis führt, das möglichst weitgehend mit den Präferenzen der beteiligten Individuen übereinstimmt, so reicht die Aggregation ordinaler Präferenzordnungen nicht aus, sondern es muß die Präferenzintensität berücksichtigt werden.

Wie verfälschend sich die Aggregation rein ordinaler Präferenzordnungen auf die kollektive Präferenz vor allem dann auswirkt, wenn die zu aggregierenden Präferenzordnungen von Gruppen stammen, die in ihrer Mitgliederzahl stark voneinander abweichen, ist leicht einzusehen und bedarf keiner weiteren Erläuterung.

Wie bereits erwähnt, wurde die Aggregation über zwei Ebenen lediglich deshalb gewählt, um die Möglichkeit einer Irreführung durch die Verwendung ordinaler Präferenzordnungen bei der Bestimmung von Kollektivpräferenzen besonders deutlich hervorzuheben.

Selbstverständlich lassen sich diese Aussagen auch auf

Gruppenpräferenzen übertragen, die auf nur einer Ebene aggregiert werden : Hier ist es die Präferenzintensität des Individuums, die bei rein ordinalen Präferenzordnungen keine Berücksichtigung findet und dadurch zu einer unbefriedigenden Kollektiventscheidung führt.

Allerdings wird es in der Praxis schwierig sein, die Präferenzintensitäten der Individuen zu bestimmen, da der einzelne nicht immer exakt anzugeben vermag, wie stark er eine Alternative einer anderen vorzieht. [1)]

4.7.3. Präferenzmanipulation zur Erreichung von Transitivität

Wie gezeigt, kann die Verwendung von kardinalen Präferenzordnungen zur Aggregation durchaus die Wahrscheinlichkeit verringern, daß aus transitiven Präferenzordnungen schließlich intransitive Kollektivpräferenzen entstehen. [2)]

Es verbleibt die Frage, wie Gruppenpräferenzen zu beurteilen sind, die trotz der Verwendung von kardinalen Präferenzordnungen die Forderung nach Transitivität nicht erfüllen.

Hier bietet sich an, die der Kollektivpräferenz zugrundeliegenden Präferenzintensitäten näher zu untersuchen, um die Intensität der Intransitivität festzustellen.

Wenn man bei zwei Alternativen eine Kollektivindifferenz als dann gegeben definiert, wenn 5o % der Gruppenmitglieder für die eine und 5o % für die andere Alternative stimmen, dann läßt sich für jedes Stimmenverhältnis einer Abstimmung eine positive oder negative Abweichung D von einer solchen Indifferenz ermitteln. Diese Differenz D kann maxi-

---

1) Vgl. dazu u. a. TISDELL (1966).

2) Zur Auftrittswahrscheinlichkeit von Intransitivitäten vgl. auch INADA (1964).

mal den Wert von 5o% annehmen, nämlich bei Einstimmigkeit, und hat den Wert O % bei Existenz von Gruppenindifferenz.

Sodann läßt sich per Gruppenentscheidung ein Toleranzbereich für D festlegen, innerhalb dessen Grenzen ein Abstimmungsergebnis derart nachträglich manipuliert werden darf, daß sich eine transitive Gruppenpräferenz ergibt.

Dieses Vorgehen soll an zwei Beispielen demonstriert werden.

Eine Präferenzaggregation über drei Gruppen zeige folgende Charakteristika:

Gruppe g_1	Gruppe g_2	Gruppe g_3
a P_1 b (6:1)	b P_2 c (7:0)	c P_3 a (4:3)
b P_1 c (7:0)	c P_2 a (4:3)	a P_3 b (7:0)
a P_a c (4:3)	b P_2 a (4:3)	c P_3 b (4:3)

a P b (76 %)
b P c (81 %)
c P a (52 %)

Daraus folgt die zyklische Gruppenpräferenz

a P b P c P a

Untersucht man die einzelnen Präferenzintensitäten der Gruppen, so lassen sich für die einzelnen Abweichungen von einer Gruppenindifferenz folgende Werte feststellen :[1)]

D (a P b) = 26 %
D (b P c) = 31 %
D (c P a) = 2 %

---

1) D (x P y) := Relative Abweichung der Präferenz (x P y) von der Indifferenz (x I y).

In diesem Fall liegt die Präferenz c P a mit D = 2% am nächsten an der Gruppenindifferenz. Wenn D mit 2% innerhalb des von dem Gremium festgesetzten Toleranzbereich liegt, dann ist zu untersuchen, ob eine Manipulation dieser Präferenz zu einer transitiven Präferenzordnung führt.

Eine Umkehrung der Präferenz c P a ergibt tatsächlich eine Präferenzordnung, die die Bedingung der Transitivität erfüllt, nämlich

$$a \; P \; b \; P \; c \; .$$

In einem anderen Fall könnte die Präferenzaggregation folgendermaßen aussehen:

Gruppe g_1	Gruppe g_2	Gruppe g_3
a P_1 b (7:0)	b P_2 c (7:0)	c P_3 a (7:0)
b P_1 c (7:0)	c P_2 a (7:0)	a P_3 b (7:0)
a P_1 c (4:3)	b P_2 a (4:3)	c P_3 b (4:3)

$$\longrightarrow \quad \begin{cases} a \; P \; b & (81\%) \\ b \; P \; c & (81\%) \\ c \; P \; a & (81\%) \end{cases}$$

Es sei in diesem Beispiel von den Gruppenmitgliedern für D eine Toleranz von 5 % festgelegt worden. Dann ist es unzulässig, per Manipulation eine transitive Präferenzordnung zu erwirken, da für alle Präferenzen hinsichtlich zweier Alternativen D einen Wert von 31 % annimmt.

Allerdings ist auch der Fall denkbar, daß eine Gruppenpräferenzintensität einen Wert für D zeigt, der zwar innerhalb des Toleranzintervalls liegt, daß aber eine Manipulation gerade dieser Präferenz nicht zur Beseitigung der Intransitivität führt.

5. Kollektive Entscheidungen durch Verhandlungen

5.1. Allgemeines

In kollektiven Entscheidungsprozessen mit mehrfachen Zielsetzungen können zur Findung einer Lösung Verhandlungen zwischen den Mitgliedern des Entscheidungsgremiums besondere Bedeutung erlangen.

Die Verhandlungstheorie bzw. "Bargaining Theory" bietet hierfür einige Ansätze, die Prozedur zur Erlangung eines Verhandlungsergebnisses bzw. die Ermittlung eines "fairen" Resultats zu analysieren. Es darf dabei aber nicht übersehen werden, daß Verhandlungsabläufe erst in geringem Maße Gegenstand eingehender wissenschaftlicher Untersuchungen waren, was sicher nicht zuletzt in der außerordentlichen Komplexität des Problems begründet liegt.[1)]

Denn Verhandlungen laufen nicht allein nach mathematischen Gesetzen ab, sondern sind in entscheidendem Ausmaß von rein menschlichem Verhalten mit psychologischen und soziologischen Faktoren beeinflußt.[2)] Zwischenmenschliche Beziehungen und Abhängigkeiten prägen ebenso einen Verhandlungsablauf wie ethische Werte und unterschiedliche subjektive Einschätzungen der Verhandlungssituation durch die Verhandlungspartner.[3)]

Interessengegensätze und mehr oder minder starke Gemeinsamkeiten in den angestrebten Verhandlungszielen führen zu verschiedenen Interessengruppen, deren personelle Zusammensetzung im Laufe der Verhandlung wechseln kann.

---

1) Einen umfassenden Überblick über Theorien der Kollektivverhandlungen gibt KELLER (1974).

2) Vgl. hierzu RUBIN/BROWN (1975).

3) Im folgenden auch Verhandlungsgegner oder -parteien genannt.

Und nicht zuletzt ist der Verhandlungsablauf abhängig vom Grad der Verhandlungs- und Kooperationsbereitschaft der verhandelnden Parteien.

Diese "menschlichen" Komponenten unterscheiden die Bargaining Theory nicht unwesentlich von der allgemeinen Spieltheorie, obwohl die Verhandlungstheorie allgemein der Spieltheorie zugeordnet wird, weil Verhandlungsabläufe sich in ihrer Grundstruktur mit spieltheoretischen Ansätzen erklären lassen.

Im folgenden sollen einige Möglichkeiten aufgezeigt werden, mit verhandlungstheoretischen Modellen Verhandlungsabläufe und deren Ergebnisse zu analysieren. Dabei sollen nur einige ausgewählte Aspekte der Verhandlungstheorie näher beleuchtet werden, die für das Anliegen dieser Arbeit nützlich erscheinen.

Es werden nur kooperative Verhandlungen einbezogen werden, d.h. Verhandlungsspiele, bei denen eine Kommunikation zwischen den Parteien möglich ist und bei denen einmal gegebene Zusagen einer Partei bindend sind für den gesamten Verhandlungsablauf.[1)]

Liegt zwischen mehreren Parteien eine Interessenkollision vor, dann bieten sich Verhandlungen zur Überwindung des Konflikts vor allem dann an, wenn die Verhandlungsmacht zwischen den Parteien relativ ausgewogen ist, die Verhandlungspartner ein kooperatives Verhalten zeigen und eine Kommunikation zwischen ihnen möglich ist.

---

1) NASH hält Kommunikation und bindende Zusagen für die Charakteristika kooperativer Verhandlungen, HARSANYI hingegen allein den Tatbestand einer Verbindlichkeit der Abmachungen zwischen den Verhandlungspartnern, Vgl. HARSANYI (1977), S.274 .

Und die Bereitschaft zum Verhandeln ist bei den betreffenden Parteien insbesondere dann groß, wenn es darum geht, über eine Aufteilung bestimmter Vorteile zu verhandeln, auf die bei Nichteinigung von allen Beteiligten verzichtet werden muß.

Dieser Konflikt findet - empirisch gesehen - in der Regel seine Lösung in der Einigung der Parteien auf einen Kompromiß.[1)]

In der Verhandlungsforschung kann unterschieden werden nach Methoden, die die Prozedur der Findung des Verhandlungsergebnisses miteinbeziehen[2)], und jenen, die überwiegend eine Bestimmung des Ergebnisses zum Gegenstand haben.[3)]

Eine andere Unterteilung der Bargaining Theory kann vorgenommen werden in experimentelle und nicht-experimentelle Verhandlungsforschung.[4)]

---

1) Nach KNIPS hat der Kompromiß "den Vorteil, daß er keiner Gruppe das desintegrierend wirkende und Ressentiments und Unzufriedenheit heraufbeschwörende Gefühl vermittelt, eine vollständige Niederlage erlitten zu haben." KNIPS (1970), S. 90 .

   Im Gegensatz dazu sieht FILLEY im Kompromiß keine Konfliktlösung, sondern lediglich eine Methode, die alle Beteiligten zu Verlierern macht. Vgl. FILLEY (1975), S. 23 .

2) Vgl. dazu u.a. ZEUTHEN (1930), PEN (1952), SHACKLE (1964), CROSS (1965).

3) Vgl. dazu u.a. EDGEWORTH (1881), Von NEUMANN/MORGENSTERN (1961), NASH (1950), RAIFFA (1953), HARSANYI (1977) .

4) Vgl. dazu u.a. KELLER (1974) und WEBER (1976) .

5.1.1. Der Verhandlungsprozeß

Eine Verhandlungssituation ist dadurch geprägt, daß sich die Verhandlungspartner mit folgender Motivation gegenüberstehen: " Einerseits ist jeder daran interessiert, bei der Erzielung einer Vereinbarung mit dem anderen zusammenzuarbeiten, andererseits haben sie hinsichtlich der Natur der zu erzielenden Vereinbarung konkurrierende Interessen."[1)]

Nach DEUTSCH und KRAUSS ist die Ausgangssituation zwischen zwei Verhandlungsparteien folgendermaßen charakterisiert:

"1. Beide Parteien erkennen, daß eine Vereinbarung möglich ist, durch die jede Partei besser gestellt ist oder jedenfalls nicht schlechter als ohne eine Vereinbarung;

2. beide Parteien erkennen, daß mehr als eine Vereinbarung erzielt werden kann;

3. beide Parteien erkennen, daß sie hinsichtlich der verschiedenen möglichen Vereinbarungen unvereinbare Präferenzen oder entgegengesetzte Interessen haben." [2)]

CROSS sieht im Verhandlungsprozeß zwei wesentliche Komponenten: [3)]

a) die Neigung der Verhandlungspartner zum Bluff, d.h. man fordert von der Gegenseite mehr als man tatsächlich zu erreichen erwartet, und

---

1) DEUTSCH/KRAUSS (1965), S.341 .
2) DEUTSCH/KRAUSS (1965), S.340 .
3) CROSS (1965), S. 70 ff.

b) die Unvereinbarkeit der tatsächlichen Erwartungen der Verhandlungsparteien, d.h. die von den einzelnen Parteien jeweils erwarteten Verhandlungsergebnisse sind inkompatibel; jede Partei erwartet von der anderen, daß diese vollständig nachgibt.

Der Faktor Zeit ist ein bedeutsamer Antrieb für jede Verhandlung.[1] Mit fortschreitender Verhandlungsdauer wächst wegen der damit verbundenen Kosten der Druck auf die verhandelnden Parteien, zu einem Ergebnis zu gelangen.

Im Zeitablauf ist ein Lernprozeß hinsichtlich der Konzessionsbereitschaft von besonderer Bedeutung.[2] Weichen die tatsächlich vom Gegner zugestandenen Konzessionen von den erwarteten ab, so beeinflußt diese Differenz die Höhe der eigenen Forderungen. Ist die Konzessionsbereitschaft des Verhandlungspartners größer als erwartet, werden die eigenen Erwartungen und somit die eigenen Forderungen erhöht, und umgekehrt.

Eine Verhandlung führt dann zu einem Ergebnis, wenn durch wechselseitige Konzessionen schließlich von allen Parteien nur noch Forderungen erhoben werden, die gegenseitig kompatibel sind.[3] Anderenfalls kommt es zu einem Abbruch der Verhandlungen.

Eine Vereinbarkeit aller Forderungen allein reicht jedoch nicht aus, ein optimales Verhandlungsergebnis in Hinblick auf alle Beteiligten zu erzielen. Zusätzlich muß die Bedingung erfüllt sein, daß die Gesamtsumme aller Forderungen bei Einigung gerade der Gesamtmenge des zur

---

1) CROSS (1965), S. 72 .

2) Vgl. CROSS (1965), S. 74 .

3) Zur formalen Darstellung des auf einem Konzessionsprozeß basierenden mathematischen Modells von CROSS s. CROSS (1965) .

Verteilung stehenden Verhandlungsobjektes entspricht (Pareto-Optimalität).

Derartige theoretische Aspekte zum Ablauf eines Verhandlungsprozesses finden in der Praxis in gewissen Grenzen eine Bestätigung.

So konnten SIEGEL und FOURAKER[1] in einem Experiment bedeutsame Erkenntnisse über das Verhalten von Verhandlungsparteien gewinnen.

In einem Laborversuch hatten jeweils zwei anonyme Personen, Käufer und Verkäufer, über Preise und Mengen zu verhandeln. Die Beteiligten blieben sich dabei gegenseitig unbekannt, da sie ihre Angebote schriftlich abgaben und von einem Boten der Gegenpartei überbringen ließen. Somit fand außer der wechselseitigen Angebotsabgabe keinerlei Kommunikation statt. Ein Anreiz für einen guten Verhandlungsabschluß wurde durch damit verbundene unterschiedliche finanzielle Vergütungen gegeben, die nach dem Experiment an die Versuchspersonen ausgezahlt wurden.

SIEGEL und FOURAKER kommen dabei unter anderem zu folgenden Ergebnissen:[2]

a) Die Verhandlungspartner zeigen die Tendenz, den gemeinsamen Nutzen zu maximieren, d.h. ein Verhandlungsergebnis anzustreben, das Pareto-optimal ist. Diese Tendenz wird noch verstärkt, je mehr relevante Information den Verhandlungsparteien gegeben wird.[3]

---

1) SIEGEL/FOURAKER (1960) .
2) SIEGEL/FOURAKER (1960) , im einzelnen vgl.: 3) S. 41 .

b) Je mehr relevante Information den Verhandlungspartnern zugänglich gemacht wird, desto stärker ist die Neigung, den gemeinsamen Nutzen, der aus einer Einigung erwächst, hälftig aufzuteilen. Bei kompletter Information kann eine Fifty-Fifty-Aufteilung erwartet werden.[1)]

c) Bemerkt ein Verhandlungspartner bei seinem Gegner eine unerwartet hohe Konzessionsbereitschaft, so verringert er seine eigene Bereitschaft zu Konzessionen.[2)]

d) Informationen über die tatsächlichen Möglichkeiten und Grenzen einer Einigung reduzieren von vornherein die Erwartungen und Forderungen der Verhandlungsparteien auf ein realistisches Maß.[3)]

e) Jeder Verhandlungspartner eröffnet die Verhandlung mit möglichst hohen Forderungen.[4)]

f) Während der Verhandlung gewonnene Erfahrungen hinsichtlich des Verhandlungsfortschritts beeinflussen Beharrlichkeit und Konzessionsbereitschaft der verhandelnden Parteien.[5)]

g) Von besonderer Bedeutung für das Vorgehen eines Verhandlungspartners während der Verhandlung ist die Höhe seines persönlichen Anspruchsniveaus bzw. des von ihm selbst gesteckten Ziels, welches er am Ende der Verhandlung erreicht haben will.[6)]

h) In der Anfangsphase einer Verhandlung ist die Konzessionsbereitschaft der Verhandelnden größer als gegen Ende der Verhandlungen, und im Verlauf der Verhandlung beharren die Parteien immer länger auf ihren Forderungen. Die Angebote und Gegenangebote nähern sich asymptotisch dem Verhandlungsergebnis.[7)]

SIEGEL/FOURAKER (1960), im einzelnen vgl.:
1) S.70 , 2) S.80 , 3) S.87 , 4) S.90 , 5) S.90 ,
6) S.70, 7) S.77 .

Ergänzend dazu konnte CONTINI,[1] ebenfalls in Experimenten, zeigen, daß die Verhandlungskosten einen erheblichen Einfluß auf die Verhandlung haben. Je höher die Kosten, desto schneller sind die Verhandlungsparteien zu einer Einigung bereit. Dabei erhält diejenige Partei eine stärkere Verhandlungsposition, deren Kosten geringer sind als die der anderen.

Die Abhängigkeit des Verhandlungserfolgs von der Höhe der jeweiligen Konzessionsbereitschaft darf nur relativ beurteilt werden.

Im allgemeinen erreicht der härtere Verhandlungspartner, dessen Konzessionsraten geringer sind als die seines Gegenspielers, ein besseres Verhandlungsergebnis. Die im Widerspruch dazu stehende Hypothese, daß die nachgiebigere Partei erfolgreicher ist, trifft nur für den Fall zu, daß zwischen den Ausgangsforderungen der verschiedenen Parteien erhebliche Differenzen bestehen. Dann ist die Partei mit höheren Ausgangsforderungen eher zu höheren Konzessionen bereit, erreicht aber schließlich doch noch ein besseres Ergebnis als die beharrlichere Gegenpartei. [2]

Die Existenz des in der Verhandlungstheorie enthaltenen Elements "Drohung", mit dem die Gegenseite zu Konzessionen gezwungen werden soll, findet in entsprechenden Experimenten ebenfalls eine Bestätigung.

DEUTSCH und KRAUSS[3] fanden experimentell, daß bei Vorhandensein von Drohmöglichkeiten diese von den Verhand-

---

1) CONTINI (1968) .

2) Dazu und zu entsprechenden Untersuchungen vgl. WEBER (1976), S. 132 .

3) DEUTSCH/KRAUSS (1960) .

lungsparteien auch genutzt werden. Allerdings fordern Drohungen Gegendrohungen heraus und fördern nicht das Zustandekommen eines für alle Seiten guten Verhandlungsergebnisses. Jedoch muß bei diesen Resultaten kritisch berücksichtigt werden, daß DEUTSCH/KRAUSS ebenso wie SIEGEL/FOURAKER in ihren Experimenten keine visuelle oder verbale Kommunikation zwischen den Verhandlungsparteien zuließen, was die Effektivität von Drohungen beeinträchtigt. Andererseits zeigen weitere Experimente[1], daß die Existenz von verbalen Kommunikationsmöglichkeiten allein noch keinen wesentlichen Einfluß auf die Verhandlungsführung mit Drohungen ausübt.[2]

Die Anwendung von Drohungen hängt außerdem vom vorhandenen Drohpotential und davon ab, wie gleich- bzw. ungleichgewichtig dieses Potential unter den Verhandlungsparteien verteilt ist.[3]

Weiterhin wird der Verhandlungsprozeß von der Verhandlungsmacht beeinflußt, über die die einzelnen Verhandlungsteilnehmer verfügen. Während ein totales Machtungleichgewicht die Wahrscheinlichkeit, daß Verhandlungen überhaupt aufgenommen werden, erheblich senkt oder gar gleich Null werden läßt, ist auch in bereits laufenden Verhandlungen die Macht der Verhandlungsgegner im allgemeinen nicht gleich und ist im Zeitablauf Schwankungen unterworfen.[4]

---

1) Vgl. KELLER (1974), S.149 ff.

2) Zur weiteren Diskussion über die Anwendung von Drohungen s.u.a. FROMAN/COHEN (1969), WIEDEMANN (1971), GUYER/RAPOPORT (1970), BORAH (1963).

3) Vgl.u.a. HORNSTEIN (1965).

4) Vgl.u.a. CHAMBERLAIN (1951), LEVIN (1966), PEN (1952).

Nach CHAMBERLAIN ist die Verhandlungsmacht der einzelnen Parteien unter anderem davon abhängig, wie stark sie auf ihren eigenen Forderungen beharren können, d.h. wie groß die Kostendifferenz zwischen Annahme und Ablehnung des gegnerischen Angebots ist.

Je geringer diese Differenz, desto stärker ist die Verhandlungsmacht für die Parteien. Dabei geht CHAMBERLAIN in der Definition der Kosten weiter als HICKS[1], indem er nicht nur die pekuniären Aspekte berücksichtigt, sondern auch die nicht in Geldeinheiten zu messenden Aspekte wie Gesichtsverlust bei einer Verhandlung usw. Dieser Machtmaßstab ist leicht einsichtig, wenn man eine daraus folgende extreme Machtposition betrachtet: Die stärkste Verhandlungsmacht hat im Extrem diejenige Partei, für die Ablehnung und Annahme eines Angebots mit den gleichen Kosten verbunden sind.

Andere Autoren verzichten bewußt auf den schwer quantifizierbaren Begriff der "Bargaining Power".[2]

Eine weitere Komponente, die einen Verhandlungsprozeß prägt, ist die Kommunikation. Die Kommunikation zwischen den Verhandlungspartnern kann vielfältigen Einschränkungen unterworfen sein, zum Beispiel durch Zeitbegrenzung, technische Gegebenheiten, Kommunikationswilligkeit der Parteien, neutrale Verhandlungsleiter usw. Mit Recht weist KELLER[3] kritisch darauf hin, daß in Experimenten, die zu diesem Komplex durchgeführt wurden, vornehmlich Versuchspersonen herangezogen wurden, die im allgemeinen nur wenig Verhandlungserfahrung besaßen, während in der Praxis, zum Beispiel in Tarifverhandlungen,

---

1) Vgl. HICKS (1963) .

2) Vgl.u.a. CROSS (1969) .

3) Vgl. KELLER (1974), S. 148 .

erfahrene Verhandlungsführer zusammenkommen, für die die Art der gegenseitigen Kommunikation ein wesentliches Verhandlungsinstrument sein und ihr Verhandlungsgeschick ausmachen kann.

Die hier grob umrissenen Einflußfaktoren in der Verhandlungstheorie zeigen deutlich, daß weniger die Wirtschaftswissenschaften als vielmehr Psychologie und Soziologie als die Disziplinen gelten, die angesprochen sind, auf diesem Gebiet weitere Erkenntnisse vorzulegen.

5.1.2. Zur Bedeutung von relevanter Information in Verhandlungen

Von entscheidender Relevanz für den Verhandlungsablauf ist der Informationsstand, über den die einzelnen Verhandlungspartner verfügen.

Im folgenden soll vor allem eine Auswirkung der Informationsverarbeitung der Verhandlungsparteien näher beleuchtet werden, die weniger das in vielen Verhandlungstheorien enthaltene Postulat der vollkommenen Information aller Verhandlungspartner betrifft, als vielmehr in der Praxis die Effektivität von Verhandlungen steigern kann: Die Einschränkung des Verhandlungsspielraums auf ein realistisches Ausmaß, und zwar durch Verarbeitung entsprechender Informationen.[1)]

SIEGEL/FOURAKER[2)] konnten in ihren Experimenten zeigen, daß mit steigendem Informationsniveau der Verhandlungspartner die Abweichungen des Verhandlungsergebnisses vom Pareto-Optimum geringer werden. Sie sind dann am geringsten, wenn alle Parteien über komplette Information verfügen,

---

1) Zur ausführlichen Diskussion der Bedeutung der Information in Verhandlungen siehe insbesondere SCHELLING (1957) und LUCE/RAIFFA (1957).

2) Vgl. SIEGEL/FOURAKER (1960), S. 27 ff.

d. h. jeder Beteiligte nicht nur seine eigene Nutzenfunktion kennt, sondern auch die seines Gegners.

Wenn nur ein Verhandlungspartner komplette Information besitzt, der andere aber nicht, so sind die in der Verhandlung erreichten Ergebnisse weiter von einem Pareto-Optimum entfernt. Die schlechtesten Ergebnisse konnten SIEGEL/FOURAKER dann feststellen, wenn keiner der Beteiligten über komplette Information verfügt.

Daß mit dem Informationsniveau die für ein Verhandlungsergebnis benötigte Zeit abnimmt, konnte ebenfalls gezeigt werden.[1)]

In der Praxis ist die von der Theorie oft geforderte Bedingung der kompletten Information nur selten zu erreichen. Jedoch führt im praktischen Ablauf einer Verhandlung jeder Zuwachs an Information zu einer realistischeren Einschätzung der eigenen Erwartungen und der des Verhandlungsgegners: "Increased knowledge of the payoff possibilities reduced the range of bargaining."[2)]

Die im allgemeinen nach Informationsempfang geringeren Erwartungen engen den Verhandlungsspielraum auf "das Mögliche, das Machbare" von vornherein ein.

Nach SHERIF[3)] ist zusätzliche Information für eine Konfliktreduzierung nur dann von Nutzen, wenn sie eine Nachricht über eine Machtverschiebung beinhaltet. Anderenfalls wird die Information über den Verhandlungsgegner nur ignoriert oder so interpretiert, daß sie in das eigene vorge-

---

1) SIEGEL/FOURAKER (1960), S. 34 .
2) SIEGEL/FOURAKER (1960), S. 87 .
3) SHERIF (1966), S. 86 .

faßte Meinungsbild paßt.

Der Einfluß der Information auf die Ausgangsforderungen zu Beginn einer Verhandlung konnte auch vom Verfasser selbst durch eine empirische Untersuchung beobachtet werden.

In einer Fragebogenaktion[1] waren Studenten eines Fachbereiches zunächst danach befragt worden, wie hoch sie die Arbeitsbelastung des Lehrpersonals einschätzten und wie ihre Forderungen hinsichtlich einer Ausweitung des Lehrangebots lauteten. Dafür waren Studenten höherer Semester ausgesucht worden, die einige Jahre Hochschulerfahrungen hatten und von denen eine gewisse Kenntnis des Lehrpersonals und ihrer Lehrbelastung erwartet werden durfte.

Nach der Auswertung der Fragebogen wurde eine Nachbefragung durchgeführt.[2] Dieses Mal wurde den Studenten die Information gegeben, wie hoch die Arbeitsbelastung des Lehrpersonals laut einer vorangegangenen Untersuchung tatsächlich war.

In Kenntnis dieser Information sollten die Befragten wiederum ihre Forderungen nach einer eventuellen Mehrbelastung des Lehrpersonals zum Ausdruck bringen.

Der zeitliche Abstand zur ersten Befragung war so groß gewählt worden, daß man davon ausgehen kann, daß sich die Studenten bei der Nachbefragung nicht mehr detailliert an ihre ersten Forderungen erinnern konnten. Somit

---

1) s. DINKELBACH et al. (1976).

2) Einzelheiten dazu und die Befragungsergebnisse s. Anhang .

war weitgehend ausgeschlossen, daß man aus Angst vor "Gesichtsverlust" trotz neuer relevanter Information auf den alten Forderungen beharrte.

Ein Vergleich der Einschätzungen der Studenten über die Lehrbelastung, die sich aus der ersten Befragung ergeben hatten, mit der vom Lehrpersonal selbst angegebenen Belastung zeigte, daß es seitens der Studenten überwiegend zu erheblichen Fehleinschätzungen gekommen war. Es war daher von besonderem Interesse festzustellen, ob nach Schließung dieser Informationslücke die Forderungen der Studenten anders als zuvor lauten würden.

Das Ergebnis der zweiten Befragung kann wie folgt zusammengefaßt werden:

Die Studenten hatten im Durchschnitt die tatsächliche Lehrbelastung des Lehrpersonals unterschätzt und korrigierten ihre Forderungen nach Erhalt der Information folgendermaßen:

- Die Forderung nach effektiver Arbeitsbelastung (in Arbeitsstunden pro Woche) wurde gegenüber der ersten Forderung drastisch erhöht, blieb aber noch deutlich unter dem vom Lehrpersonal selbst angegebenen Wert der tatsächlichen Belastung.

- Die Forderung nach einer erhöhten Inanspruchnahme des Lehrpersonals für Lehraufgaben wurde nach Kenntnis der tatsächlichen Belastung nach unten korrigiert, d.h., man forderte zwar eine Mehrbelastung, aber in geringerem Umfang als zuvor.

- Die Forderungen hinsichtlich der Arbeitszeitaufteilung zugunsten der Studenten (d.h. mehr Lehre, weniger Forschung, Verwaltung usw.) erfuhren in ihren absoluten Werten lediglich eine Transformation in Richtung auf die tatsächliche Zeitaufteilung, d.h., die Forderung blieb erhalten, wurde aber den tatsächlichen Werten angepaßt: Wenn zuvor eine Steigerung gegenüber den geschätzten Werten gefordert worden war, so wurde nun eine Steigerung gegenüber den tatsächlichen Werten gefordert, auch wenn dieses bedeutete, daß die Forderungen absolut gesehen zurückgingen.

Insgesamt wurden also die Forderungen durch die Erlangung zusätzlicher Information realistischer.[1] Interessant ist, daß die korrigierte Forderung nach der Gesamtarbeitszeit deutlich niedriger liegt als die tatsächliche Arbeitszeit, so daß die Forderung etwa lautet: Die Lehrkräfte sollen nicht soviel arbeiten, dafür aber ihre Arbeitskraft stärker den Studenten und nicht anderen Beschäftigungen widmen.

Dabei drängt sich die Frage auf, inwieweit den Studenten die zusätzlich gegebene Information überhaupt glaubhaft erschien.

Um eventuellen Zweifeln seitens der Befragten an der Glaubwürdigkeit der gegebenen Informationen weitgehend zu begegnen, war den Studenten nicht mitgeteilt worden, daß die zusätzlichen Informationen aus Befragungen des Lehrpersonals gewonnen worden waren; sondern die Daten wurden als Ergebnisse einer Untersuchung deklariert.

---

1) Damit werden die Untersuchungsergebnisse von SIEGEL/FOURAKER bestätigt, daß der Informationsgrad der Verhandlungsparteien deren Anspruchsniveau beeinflußt. SIEGEL/FOURAKER (1960) und WEBER (1976),S.130 .

Die Frage, inwieweit die Korrektur der Forderungen von der Glaubwürdigkeit der Information abhängig ist, konnte nicht direkt in den Fragebogen der Nachbefragung aufgenommen werden, weil sonst vermutlich der Wahrheitsgehalt der Information insgesamt von den Befragten stark in Zweifel gezogen worden wäre. Statt dessen wurde am Schluß der Befragung die Frage gestellt, welche Information den Befragten "besonders überrascht" habe.

Erwartungsgemäß waren für die Befragten jene Informationen besonders überraschend, die stark von ihren eigenen Schätzungen abwichen. Untersucht man die Reaktion der Befragten auf besonders überraschende Informationen, so lassen sich aufgrund dieser Befragung keine eindeutigen Schlüsse über den Einfluß der Glaubwürdigkeit der Information ziehen.

Allerdings läßt sich ein Zusammenhang vermuten: Zwei für die Befragten besonders überraschende Informationen veranlaßten diese zu Konzessionen (bei den Fragen erhöhter Lehrverpflichtungen und bei der Belastung durch Verwaltungsaufgaben), so daß man davon ausgehen kann, daß diese glaubwürdig erschienen.

Die überraschendste Information jedoch (durchschnittliche Wochenarbeitszeit eines Professors: 61 Stunden) führte zu einer erheblichen Erhöhung der Forderungen seitens der Studenten. Diese Reaktion und der Umstand, daß die revidierte Forderung dennoch deutlich unter der im Untersuchungsergebnis als tatsächlich genannten Arbeitszeit lag, lassen vermuten, daß diese Information nicht vollständig zweifelsfrei akzeptiert wurde.[1)]

---

1) Nach BOWEN (1976), S. 160, wird eine Analyse neuer Information über den Verhandlungsgegner stark von vorgefaßten Meinungen beeinflußt.

Die hier angeführte Untersuchung hatte zwei Personengruppen zum Gegenstand, die mit fortschreitendem Demokratisierungsprozeß in der Organisation Hochschule zunehmend miteinander in Verhandlungen treten, jedoch in der Einschätzung des Verhandlungsgegners noch weitgehend auf subjektive Vermutungen angewiesen sind.

Wenn auch dieser Sachverhalt nicht repräsentativ für andere Organisationen sein kann, sondern Verhandlungen im allgemeinen zwischen weniger anonymen und besser informierten Parteien geführt werden, so schmälert das nicht die Bedeutung von relevanter Information vor oder während einer Verhandlung: Erwartungen und Forderungen aller Parteien auf ein realistisches Ausmaß zu bringen.

5.1.3. Restricted Bargaining

Im folgenden soll eine Methode zur Erreichung eines Verhandlungsergebnisses vorgestellt werden, die von CONTINI und ZIONTS vorgeschlagen wird.[1] Dabei wird das freie Verhandlungsspiel durch bestimmte Regeln eingeschränkt, und es kommt zum Restricted Bargaining.[2]

Dieses Verfahren soll nicht zuletzt deshalb an dieser Stelle Beachtung finden, weil es die in der Literatur zur kollektiven Entscheidungsfindung wiederholt anzutreffende Institution eines "Schiedsrichters" beinhaltet.[3] Darunter ist weniger die vermittelnde Funktion eines Schlichters zu verstehen, als vielmehr eine Instanz, die dann die Entscheidung trifft, wenn die vorausgegangene Verhandlung keine Einigung erbracht hat.

CONTINI und ZIONTS gehen von folgenden Voraussetzungen aus:

a) Keine Entscheidungsvariable der anstehenden Entscheidung steht unter dem alleinigen Einfluß eines einzigen Verhandlungspartners; d. h. eine allseits akzeptierte Entscheidung darüber, welchen Wert die Variablen haben sollen, kann nur in einer Verhandlung gefunden werden.

b) Jeder Verhandlungsteilnehmer besitzt eine vollständige Präferenzordnung bezüglich aller Entscheidungsvariablen, d. h. eine stetige, streng konkave Nutzenfunktion,

---

1) CONTINI/ZIONTS (1968).

2) auch als "Beschränkte Aushandlung" bezeichnet, vgl. FANDEL (1978), S. 101 .

3) Vgl. u. a. GÄFGEN (1963), S. 185, FANDEL (1978), S. 100, KNIPS (1970), S. 94 .

diese ist im allgemeinen nicht identisch mit der Nutzenfunktion eines anderen Teilnehmers.

c) Es existiert ein nichtleerer, abgeschlossener und konvexer Lösungsraum bezüglich der Entscheidungsvariablen, der durch Restriktionen beschränkt wird, die allen Verhandlungsparteien bekannt sind.

Dieser allgemeinen Verhandlungssituation werden zwei spezielle Aspekte hinzugefügt:

d) Ein Schiedsrichter hält eine Lösung für den Fall bereit, daß es zu keiner Einigung zwischen den Verhandlungspartnern kommt. Er gibt diese vor Beginn der Verhandlung bekannt und droht an, sie bei Nichteinigung diktatorisch durchzusetzen.

e) Die Zeit, innerhalb der eine Einigung per Verhandlung erlaubt ist, wird vom Schiedsrichter begrenzt.

Diese beiden Maßnahmen charakterisieren das Restricted Bargaining. Sie üben beide einen Zwang auf die Verhandlungspartner aus, eine Konzessionsbereitschaft zu zeigen. Sonst droht ihnen eine externe Lösung, die im allgemeinen für alle Beteiligten einen geringeren Nutzen erbringt als die durch Einigung erzielbare Lösung des Problems.

Die immer geringer werdende verbleibende Restverhandlungszeit drängt nicht nur zu einer Einigung, sondern verhindert auch, daß der Faktor Zeit Bestandteil einer Verhandlungsstrategie wird. Ein "Spielen auf Zeit" ist also nicht möglich.

Zu Beginn der Verhandlung artikuliert jede Verhandlungspartei ihre Forderungen. Sind diese miteinander kompatibel, so ist die Lösung gefunden. Ist dieses nicht der Fall, so macht jede Partei bezüglich ihrer Forderungen Konzessionen, und zwar so lange, bis alle Forderungen miteinander vereinbar sind.[1)]

Die treibenden Kräfte bei diesem Verhandlungsspiel sind der wachsende Zeitdruck und die drohende diktatorische Lösung. Solange der verbleibende Nutzen nach einer Konzession größer ist als der, der mit der diktatorischen Lösung verbunden ist, lohnt sich diese Konzessionsbereitschaft. Erst wenn der durch Nachgeben verringerte Nutzen gleich dem bei diktatorischer Lösung ist, endet die Konzessionsbereitschaft des betreffenden Verhandlungspartners.

Diese Prozedur führt schließlich zu einer gemeinsamen Einigung, die Pareto-optimal ist, oder aber die externe Lösung wird durchgesetzt.[2)]

---

1) Zur mathematischen Formulierung des Modells s. CONTINI/ZIONTS (1968), S. 403 .

2) Zum Beweis der Pareto-Optimalität s. CONTINI/ZIONTS (1968), S. 405 .

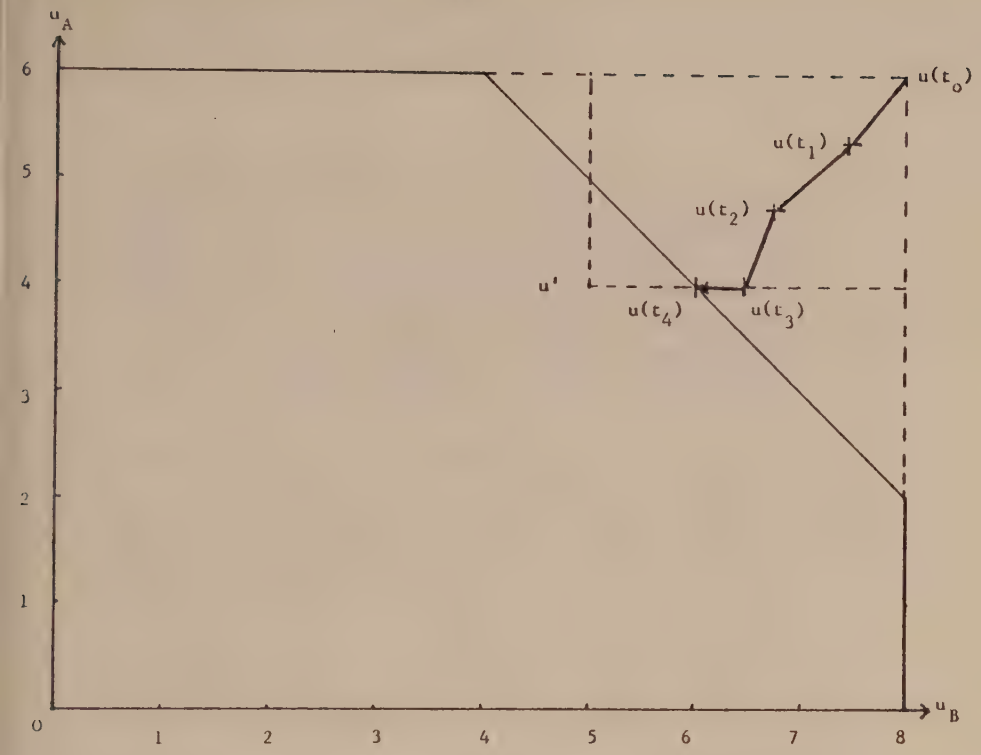


Abb. 5.1.3.1: Einigungsprozeß im Restricted Bargaining

5.1.3.1. Beispiel

In einem grafischen Beispiel soll dieser Vorgang veranschaulicht werden, und zwar in Nutzeneinheiten u_A und u_B zweier Verhandlungspartner A und B. Zu Beginn der Verhandlung im Zeitpunkt t_o erhebe A eine Ausgangsforderung, die ihm den Nutzen $u_A^o = 6$ erbringe, B hingegen eine Forderung mit $u_B^o = 8$. Kompatibel und damit realisierbar seien aber nur Lösungen, deren Gesamtnutzen 10 Nutzeneinheiten nicht überschreitet: $u_A + u_B = 10$. Ein Schiedsrichter drohe mit einer Lösung des Konflikts im Falle einer Nichteinigung, die lediglich die Nutzen $u_A' = 4$ und $u_B' = 5$ erbringe. Die

Verhandlung müsse spätestens im Zeitpunkt t_4 abgeschlossen sein. Unter der Bedingung, daß nur positiver Nutzen zulässig sei, lassen sich Ausgangssituation und Entwicklung der Verhandlung wie in Abbildung 5.1.3.1 darstellen. In einem möglichen Verhandlungsverlauf ergeben sich durch beiderseitige Konzessionen in den Zeitpunkten t_o bis t_4 die entsprechenden Nutzenvektoren $u(t_o)$ bis $u(t_4)$.

Im Zeitpunkt t_4 endet die Konzessionsbereitschaft von Partei A. Durch die vorangegangenen Konzessionen ist der Nutzen für A genau auf den Wert gesunken, den A auch bei Realisierung der diktatorischen Schiedsrichterlösung erhält. Deshalb hat es B zu diesem Zeitpunkt allein in der Hand, die Verhandlung scheitern zu lassen oder nicht. Solange jedoch der Nutzen für B höher ist als der vom Schiedsrichter angedrohte Nutzen, ist B konzessionsbereit. So gelangt man schließlich in t_4 zur Einigung mit dem Nutzenvektor $u(t_4)$.

5.1.3.2. Kritik

Der beim Verfahren von CONTINI und ZIONTS implementierte Zwang zu Konzessionen wirkt zwar kollektiv, nicht aber unbedingt direkt auf den einzelnen Verhandlungspartner. Das Reglement besagt nur, daß bei fortschreitender Zeit Konzessionen notwendig sind, um die drohende diktatorische Lösung zu verhindern; es sagt aber nicht, von wem und wann die Konzessionen zu erfolgen haben. Sicher wird diejenige Partei, deren Nutzen nach einem weiteren Zugeständnis relativ hoch ist im Vergleich zu jenem bei eintreten der diktatorischen Lösung, eher zu Konzessionen bereit sein als jene, die ohnehin nicht mehr viel zu verlieren hat.

Doch obwohl CONTINI und ZIONTS den Fall bewußt vernachlässigen [1], erscheint es nicht unrealistisch, daß jede Partei auf die andere wartet, damit diese ein Zugeständnis macht, und dabei die limitierte Zeit verstreicht; zumal die Verhandlungspartner jeweils nur ihre eigene Nutzenfunktion kennen, nicht aber die des Gegners, und somit nur schwer schätzen können, wie stark der Zwang zur Konzession für die Gegenpartei ist.

Auch kann das Gegenteil eintreten: Angesichts der ablaufenden Zeit kann es kurz vor Ende der zugestandenen Verhandlungszeit zu Panikreaktionen eines Verhandlungspartners kommen, indem er "in letzter Minute" größere Konzessionen in Richtung auf die angedrohte Schiedsrichterlösung macht, als für eine Pareto-optimale Lösung notwendig gewesen wäre.[2]

Verhandlungsverhalten und Verhandlungsergebnis sind sehr stark abhängig vom Nutzenvektor der Schiedsrichterlösung. Die diktatorische Lösung beeinflußt Konzessionen und Ergebnis in weitreichendem Maße. So kann im Extremfall die Schiedsrichterlösung selbst schon Pareto-optimal sein und somit ein Verhandlungsergebnis bereits vorgeben. Andererseits kann die Schiedsrichterlösung derart ungünstig liegen, daß eine Pareto-Optimalität der Einigungslösung nicht garantiert ist.[3]

---

1) Vgl. CONTINI/ZIONTS (1968), S. 401 .

2) auch wenn experimentell die Hypothese nicht bestätigt werden konnte, daß unter Zeitdruck die Konzessionsbereitschaft zunimmt, vgl. PRUITT/DREWS (1969) .

3) Vgl. dazu FANDEL (1978), S. 115, der zusätzliche Bedingungen zur Lage der Schiedsrichterlösung aufstellt .

Die zentrale Bedeutung der Schiedsrichterlösung läßt sofort die Schwierigkeit erkennen, die sich für den Schiedsrichter ergibt: Er muß nicht nur alle zulässigen Entscheidungsalternativen kennen, sondern darüber hinaus auch die Nutzenfunktionen der Verhandlungspartner. Nur dann kann er eine sinnvolle Lösung für den Fall einer Nichteinigung formulieren, die die Verhandlungspartner zu einer Pareto-optimalen Einigung bewegt.

Und schließlich ist ein weiterer gewichtiger Einwand gegen das Modell von CONTINI und ZIONTS die Frage, ob unter heutigen Demokratievorstellungen überhaupt Personen oder Institutionen existieren, die nicht nur die Rolle eines Schiedsrichters mit den erwähnten dazugehörigen Fähigkeiten übernehmen, sondern bei Nichteinigung die angedrohte Lösung auch durchzusetzen vermögen. Denn die Schiedsrichterlösung kann ihre Funktion nur dann erfüllen, wenn ihre Realisierung durch den Schiedsrichter auch glaubwürdig erscheint.

CONTINI und ZIONTS selbst schlagen für die Position des Schiedsrichters zum Beispiel die Vorsitzenden der Entscheidungsgremien oder politische Instanzen vor, die in der Androhung ihrer Lösung eventuell sogar soziale Aspekte zur Wirkung bringen können, die sonst bei unbeschränkter Verhandlung keine Berücksichtigung fänden. [1)]

Es bleibt jedoch der Zweifel, ob eine Instanz wie die eines Schiedsrichters grundsätzlich erstrebenswert ist und die damit verbundene diktatorische Entscheidung realisierbar ist.

Ein Ausweg aus dieser Schwierigkeit könnte sein, statt der Schiedsrichterlösung denjenigen Lösungsvektor in das

---

1) Vgl. CONTINI/ZIONTS (1968), S.412 .

Verhandlungsmodell einzuführen, der sich im Falle einer Nichteinigung ohnehin für die Verhandlungsparteien ergäbe.

CONTINI und ZIONTS machen keine Aussagen darüber, ob und wo ein Nichteinigungspunkt existiert für den Fall, daß der Schiedsrichter seine diktatorische Lösung nicht durchsetzen kann. Sie führen nur an, daß die Schiedsrichterlösung den Verhandlungsparteien einen Mindestnutzen garantiere. Daraus läßt sich herauslesen, daß die Schiedsrichterlösung immer noch besser sein sollte als der Nichteinigungspunkt bei Fehlen des Schiedsrichters.

Es bleibt die Frage, ob dieser Nichteinigungspunkt per se nicht schon wirkungsvoll genug als "Drohung" angesehen wird und seine Berücksichtigung bereits einige der mit der Existenz und der Anerkennung eines Schiedsrichters verbundenen Komplikationen beseitigt.

Hinsichtlich der von CONTINI und ZIONTS wenig konkreten Angaben über die Prozedur wechselseitiger Konzessionen ließen sich die daraus resultierenden Probleme dadurch überwinden, daß man die Aussagen von ZEUTHEN zur Konzessionsrate in das Restricted-Bargaining-Modell von CONTINI und ZIONTS integriert. [1)]

---

1) Vgl. ZEUTHEN (1930), HARSANYI (1977), S.149 ff., und Abschnitt 5.2.3. .

5.2. Verhandlungen zwischen zwei Personen

Obwohl Verhandlungen in der Praxis oftmals von mehr als zwei Parteien mit unterschiedlichen Interessen geführt werden, so kommt doch der Zweipersonen-Verhandlung eine besondere Bedeutung zu. Einerseits lassen sich sowohl die Verhandlungsstrategien als auch das Verhandlungsergebnis mit Hilfe der Spieltheorie wesentlich einfacher vorhersagen, wenn es sich nur um zwei Verhandlungspartner handelt. Und andererseits läßt sich häufig die Zahl der Verhandlungsparteien auf zwei reduzieren oder aber man bemüht sich um eine solche Reduzierung, damit einfachere spieltheoretische Ansätze zur Anwendung gebracht werden können. Außerdem kann jede Mehrpersonenverhandlung als ein System angesehen werden, das sich aus verschiedenen Zweipersonen-Verhandlungen zusammensetzt.

5.2.1. Der Verhandlungsspielraum

Die Menge aller zulässigen Lösungen eines Verhandlungsproblems sei ein kompakter Lösungsraum X. Jedes dieser zulässigen Verhandlungsergebnisse läßt sich darstellen als ein Lösungsvektor $x = (x_1,\ldots,x_n)$, dem ein Nutzenvektor $u = (u_1,\ldots,u_n)$ im Zulässigkeitsraum P entspricht. Dabei bezeichnet x den physischen Ertrag (z.B. in Geldeinheiten) und u den Nutzen ("pay-off"), den die Verhandlungspartner dem physischen Ertrag des Verhandlungsergebnisses beimessen.

Da es bei Zustimmung oder Ablehnung eines Verhandlungsergebnisses nicht auf den physischen Ertrag ankommt, sondern auf den Nutzen, den dieser dem Entscheidungsträger erbringt, sollen im folgenden ausschließlich die Nutzenvektoren u in die Optimierungsprozesse eingehen.

Von besonderer Bedeutung ist der Lösungsvektor u^o, der bei Nichteinigung der Parteien realisiert wird. Er kann in der Ausgangsposition beider Parteien liegen ("status quo ante")[1] oder aber auch durch Verhandlungsstrategien determiniert werden, die von den Verhandlungspartnern für den Konfliktfall bewußt ausgewählt werden und die unter Entstehung eigener Kosten dem Gegner mehr oder minder großen Schaden als Bestrafung für die Nichteinigung zufügen.

Der erste Fall, in dem das Ergebnis bei Nichteinigung fest vorgegeben ist, charakterisiert einfache Verhandlungsspiele ("simple bargaining games"), wohingegen der zweite Fall allgemeine kooperative Spiele ("general cooperative games") kennzeichnet.[2]

Das Resultat, welches erreicht wird, wenn die Verhandlungen im Konflikt enden, übt einen entscheidenden Einfluß auf den Verhandlungsspielraum aus.

Ein einfaches Beispiel soll diesen Sachverhalt verdeutlichen. Dabei wird zur Vereinfachung der Nutzen in Geldeinheiten ausgedrückt, d.h., es wird ein linearer Zusammenhang zwischen physischem Ertrag und Nutzenwert einer Vereinbarung unterstellt.

Zwei Unternehmer A und B konkurrieren um Anteile an einem Exportauftrag. Wenn beide unabhängig voneinander ihre Exporte abwickeln, so ist A ein Gewinn von DM 250 sicher, während B einen Gewinn von DM 500 erhält. Für den Fall, daß beide Unternehmer den Exportauftrag gemeinsam in Zusammenarbeit durchführen, so läßt sich ein gemeinsamer Gewinn von DM 1000 erzielen. Strittig sei nun die Gewinnaufteilung

---

1) GÄFGEN (1963), S.181 .
2) HARSANYI (1978), S.141 .

zwischen beiden Unternehmern für den Fall einer Kooperation. Sie soll in Verhandlungen festgelegt werden.

Ohne weitere Informationen lassen sich bereits einige Aussagen darüber machen, inwieweit die Menge der zu erwartenden Verhandlungsergebnisse eingeschränkt werden kann.

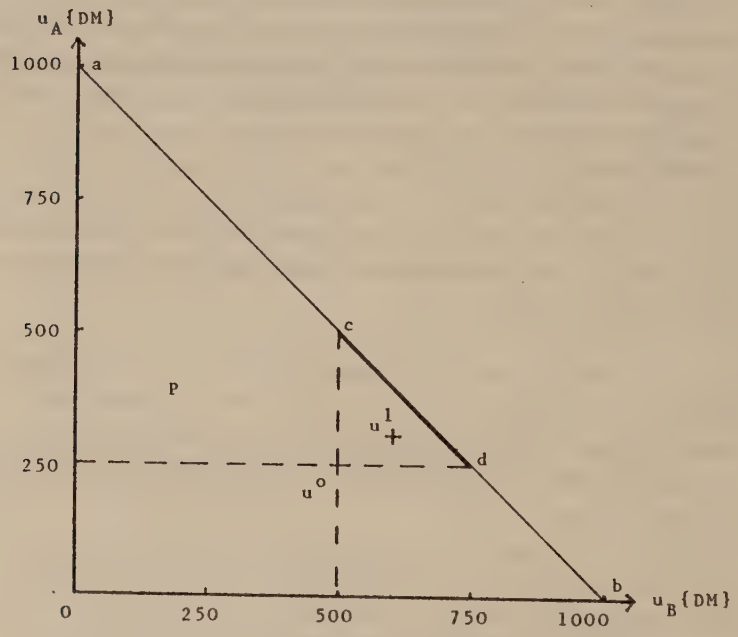


Abb. 5.2.1: Bestimmung der Pareto-optimalen Verhandlungsergebnisse

Da es theoretisch möglich wäre, den Gewinn von DM 1000 bei Zusammenarbeit vollständig entweder A oder B zukommen zu lassen, ergibt sich die Menge der zulässigen Verhand-

lungsresultate P geometrisch als ein Raum, der in Abbildung 5.2.1 von den Punkten O, a und b aufgespannt wird.

Weder A noch B werden aber zulassen, daß sie bei Zusammenarbeit schlechter gestellt sind als im Falle der Nichteinigung. Deshalb muß - wieder geometrisch gesehen - das endgültige Verhandlungsergebnis mindestens so hoch und mindestens so weit rechts liegen wie der Punkt u^o, der das Resultat bei Nichteinigung repräsentiert. Damit grenzt sich der Lösungsraum weiter ein auf das Dreieck u^ocd.

Alle Lösungspunkte innerhalb dieses Dreiecks sind jedoch instabile Verhandlungsergebnisse, solange ein Verhandlungspartner seinen Gewinn erhöhen kann, ohne dabei gleichzeitig den seines Kontrahenten zu schmälern. So wäre zum Beispiel die Lösung u^1 nicht realistisch, bei der A DM 300 erhält und B DM 600. A könnte seinen Gewinn auf DM 400 erhöhen, ohne daß B etwas von seinem Gewinn an A abtreten müßte. Entsprechend könnte B verfahren.

Somit reduziert sich die Menge der potentiellen Verhandlungsergebnisse auf jene, die für keinen Verhandlungspartner eine Gewinnerhöhung zulassen, die nicht zulasten des Gewinns des anderen geht.[1)]

Diese Menge der Pareto-optimalen bzw. effizienten Verhandlungsergebnisse ist geometrisch repräsentiert durch alle Punkte auf der Strecke cd . Jene Lösungen zeichnen sich dadurch aus, daß für jeden Verhandlungspartner eine Gewinnerhöhung nur dadurch zu erreichen ist, daß der andere auf den entsprechenden Teil seines Gewinns verzichtet.

---

1) Vgl. dazu u.a.auch KNIPS (1970), S.93 .

Die Punkte c und d begrenzen den Verhandlungsspielraum. In c geht der gesamte Mehrertrag, der durch die Zusammenarbeit erzielt wird, an A, während in d der ganze Zugewinn an B fällt. Diese beiden Extrempunkte können als die Grenzen der jeweiligen Konzessionsbereitschaft der Verhandlungspartner betrachtet werden. Sind diese Grenzen überschritten, dann ist es für einen der beiden Unternehmer profitabler, die Verhandlung ergebnislos abzubrechen und auf die Kooperation zu verzichten.

In der klassischen Wirtschaftstheorie wird die Bestimmung des Verhandlungsspielraums durch folgende zwei Postulate erreicht: [1)]

a) Individuelle Rationalität: Die Verhandlung muß für beide Partner ein Ergebnis bringen, das mindestens so gut ist wie jenes, das bei Nichteinigung erreicht wird.

b) Gemeinsame Rationalität: Das Verhandlungsergebnis muß gewährleisten, daß weitere Vorteile des einen Verhandlungspartners nur zulasten des anderen zu erreichen wären (Pareto-Optimalität).

Dabei geht die klassische Wirtschaftstheorie von ordinalen Nutzenfunktionen aus und kann schon von daher lediglich den Verhandlungsspielraum festlegen, nicht aber das Ergebnis bestimmen.[2)]

Wie MARSCHAK[3)] bezeichnet GÄFGEN[4)] die Bereitschaft der Verhandlungspartner, nur Pareto-optimale Lösungen zuzulassen,

---

1) Vgl. HARSANYI (1977), S.142 .
2) Zum Beweis s. HARSANYI (1977), S. 143 und 298 .
3) Vgl. MARSCHAK (1954) .
4) Vgl. GÄFGEN (1963), S.181 .

bereits als Koalitionsbildung. Zur Ermittlung des Verhandlungsergebnisses innerhalb dieser Pareto-optimalen Lösungen bedarf es dann einer "Schlichtungsgemeinschaft", die nicht allein Rationalität, sondern vor allem "fairness" zur Grundlage ihrer Verhandlungen macht.[1)]

Dieser Betrachtungsweise soll im weiteren nicht gefolgt werden, sondern die erwähnten Rationalitäts-Postulate sind Grundlage der folgenden Versuche, das Ergebnis einer Zweipersonenverhandlung zu bestimmen.

5.2.2. Die Lösung nach NASH

Weitergehend als die klassische Wirtschaftstheorie entwickelt NASH[2)] unter Verwendung der grundlegenden Gedanken von Von NEUMANN und MORGENSTERN hinsichtlich kardinaler Nutzenfunktionen ein Lösungskonzept für Zweipersonen-Verhandlungen.[3)]

NASH setzt in seinem Modell bei den Verhandlungsparteien volle Information und vollständig rationales Handeln voraus. Ein interpersoneller Nutzenvergleich ("Welcher Partei nützt eine Entscheidung mehr ?") wird nicht vorgenommen.

---

1) s.GÄFGEN (1963), S. 182 .

2) NASH (1950) .

3) Vgl. auch RAIFFA (1953) .

4) Ein Beispiel zur Berücksichtigung eines interpersonellen Nutzenvergleichs zeigt OWEN (1970), S.151 ff.

Es wird weiterhin von folgender Annahme ausgegangen: Wenn für zwei Verhandlungspartner der Nutzen einer Nichteinigung gleich groß ist, dann wird auch der Zugewinn bei Einigung zu gleichen Teilen für beide aufgeteilt.

Ein solches Verhandlungsspiel wird symmetrisch genannt, weil es geometrisch gesehen folgende Eigenschaften besitzt: Der Lösungsvektor bei Nichteinigung u^o liegt auf der Geraden $u_1 = u_2$, d.h. auf der 45^o-Achse vom Ursprung ausgehend, und der Lösungsraum ist beidseitig symmetrisch zu dieser Linie.

In einem solchen Fall wird angenommen, daß sich die beiden Verhandlungspartner auf eine Lösung einigen, die sich als Schnittpunkt der 45^o-Achse mit der oberen, rechten Begrenzung des Lösungsraumes ergibt.

Im erwähnten Beispiel der beiden Exporteure wäre das Verhandlungsspiel symmetrisch, wenn zum Beispiel bei Nichteinigung jeder der beiden einen Gewinn von DM 300 erzielen könnte. Das Verhandlungsergebnis u^* läge dann bei DM 500 für jeden im Falle der Zusammenarbeit (siehe dazu Abbildung 5.2.2) .

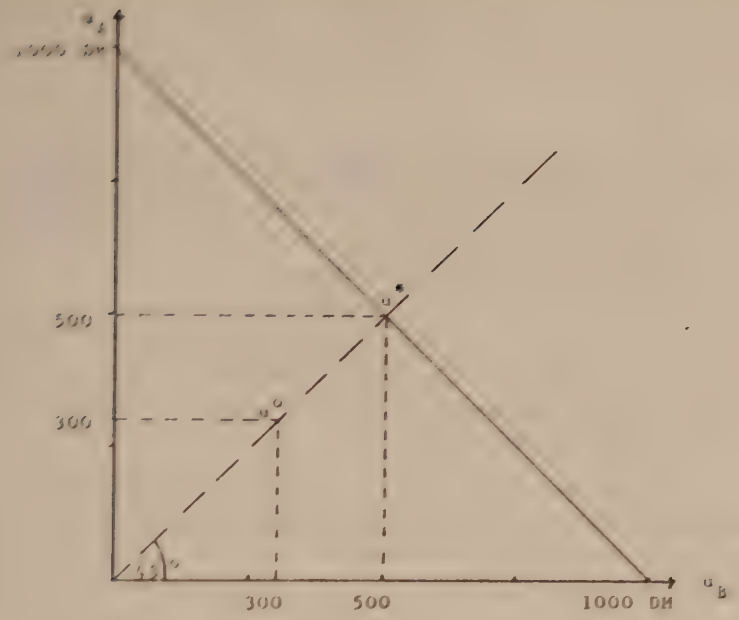


Abb. 5.2.2 : Symmetrische Verhandlung zwischen A und B

Unter Verwendung folgender vier Forderungen gelangt NASH zu seinem Lösungskonzept: [1]

a) Die Verhandlungspartner handeln in gemeinsamer Rationalität, d.h., sie streben eine effiziente Lösung an.

b) Ist das Verhandlungsspiel symmetrisch, dann teilen beide Verhandlungspartner den Zugewinn zu gleichen Teilen unter sich auf; d.h. vor allem, daß bei Positionstausch der beiden Parteien das gleiche Ergebnis erreicht wird und daß beide gleiches Verhandlungsgeschick besitzen.

---

1) NASH (1953).

c) Ursprungspunkte und Maßeinheiten der Nutzenfunktionen der beiden Verhandlungspartner haben keinen Einfluß auf das Verhandlungsergebnis, d.h. bezüglich einer Nutzentransformation besteht Invarianz.[1)]

d) Das Verhandlungsergebnis ist unabhängig von irrelevanten Alternativen, d.h. die Verhandlungspartner steuern auf ein Resultat zu, wobei "weit entfernte" Alternativen irrelevant werden.

Als Verhandlungsergebnis gilt dann jene Lösung x^* mit u^*, die folgende Bedingungen erfüllt:

$$(u_1^* - u_1^o) \cdot (u_2^* - u_2^o) = \max_{u \in P} \{(u_1 - u_1^o) \cdot (u_2 - u_2^o)\}$$

$$u_i \geq u_i^o \qquad i = 1,2$$

Es gilt also, das Produkt der Zugewinnbeträge der beiden Verhandlungspartner zu maximieren. Dieses Produkt wird auch als NASH-Produkt bezeichnet.

Wie aus der formalen Darstellung des NASH-Produktes zu ersehen ist, handelt es sich dabei geometrisch um eine Hyperbel, die sich asymptotisch den Geraden $u_1 = u_1^o$ und $u_2 = u_2^o$ annähert.

Unter den Bedingungen $u^* \in P$ und $u_i \geq u_i^o$ ergibt sich die optimale Verhandlungslösung in dem Tangentialpunkt, in dem

---

1) Eine ausführliche Diskussion dieser Forderung findet sich bei HARSANYI (1977), S. 145 ff.

die Hyperbel den oberen rechten Rand des Zulässigkeitsbereiches P berührt. Hier wird die Hyperbel bestimmt durch die Gleichung

$$(u_1 - u_1^o) \cdot (u_2 - u_2^o) = (u_1^* - u_1^o) \cdot (u_2^* - u_2^o).$$

5.2.2.1. Beispiel

Zur Verdeutlichung soll das Lösungsverfahren von NASH an dem Beispiel der beiden verhandelnden Exporteure gezeigt werden.[1)]

Aus der Gewinngeraden $u_A + u_B = 1000$ und der allgemeinen Hyperbelfunktion $(u_A - 250) \cdot (u_B - 500) = \text{const.}$ läßt sich leicht ermitteln, daß die Hyperbel, zu der die Gewinngerade Tangente ist, die Form

$$(u_A - 250) \cdot (u_B - 500) = 15\,625$$

hat.

Daraus ergibt sich, daß die Hyperbel die Gewinngerade im Punkt

$$u^*(u_A^* ; u_B^*) = (375 ; 625)$$

tangiert.

Das NASH-Verfahren ermittelt also für den Unternehmer A einen Gewinn von DM 375, für B DM 625 (vgl. Abbildung 5.2.3).

---

1) Vereinfachend wird angenommen, daß der Nutzen linear zu Geld ist.

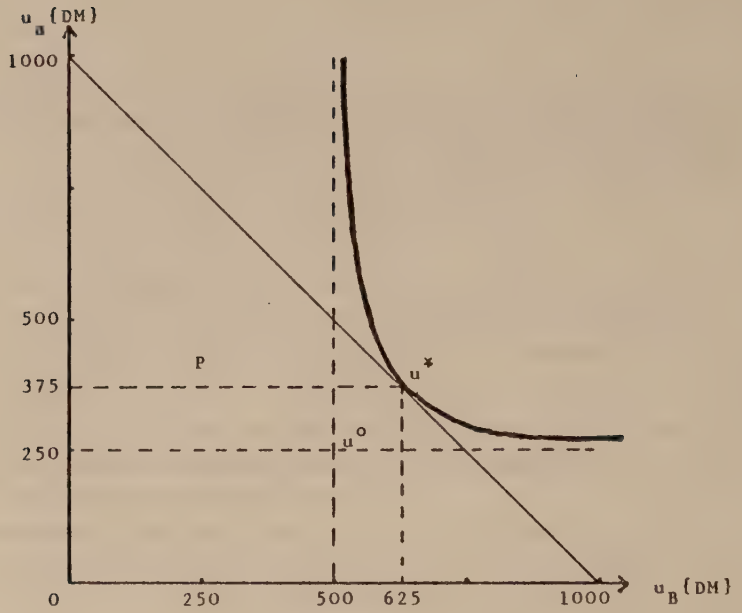


Abb. 5.2.3: Die Lösung nach NASH

5.2.3. Das Verhandlungsmodell von ZEUTHEN

Auf einem anderen Wege gelangt ZEUTHEN[1] zur Ermittlung eines Verhandlungsergebnisses zwischen zwei Parteien unter der Voraussetzung, daß das Ergebnis bei Nichteinigung feststeht.

Zwei Verhandlungspartner i und j verhandeln schrittweise, wobei jeweils Angebote abgegeben, geprüft und angenommen bzw. abgelehnt werden. Dabei handeln die Kontrahenden gemäß ihren Nutzenfunktionen.

---

1) Vgl. ZEUTHEN (1930).

Es sollen die individuellen Nutzen der Angebote A_i und A_j mit $U_i(A_i)$, $U_i(A_j)$, $U_j(A_i)$ und $U_j(A_j)$ bezeichnet werden und die der Situation bei Nichteinigung mit $U_i(A^o)$ und $U_j(A^o)$.

Es wird angenommen, daß in jedem Verhandlungsstadium jede Partei ihren eigenen Einigungsvorschlag am meisten schätzt, jedoch das von der Gegenpartei zuletzt abgegebene Angebot wiederum der Situation vorzieht, die bei Nichteinigung entsteht; so daß gilt

$$U_i(A^o) < U_i(A_j) < U_i(A_i) \quad , \quad i,j = 1,2 \quad i \neq j \ .$$

Im nächsten Verhandlungsschritt steht jede Parei vor der Wahl,

a) ihr zuletzt abgegebenes Angebot unverändert zu wiederholen,

b) das von der Gegenpartei zuletzt abgegebene Angebot anzunehmen, oder

c) ein neues Angebot abzugeben, das zwar unter dem eigenen zuletzt Gebotenen liegt, also eine Konzessionsbereitschaft erkennen läßt, aber dennoch über dem letzten Angebot des Gegners liegt.

Auf diese Weise gelangen die Verhandlungspartner schrittweise zu einem Punkt, an dem entweder beide das Ergebnis akzeptieren oder aber beide keinerlei weitere Konzessionsbereitschaft zeigen und die Verhandlungen abbrechen.

Dabei erhebt sich die Frage, welche Partei im jeweils

nächsten Verhandlungsschritt ein Zugeständnis einräumen muß.

ZEUTHEN sieht denjenigen zu Konzessionen veranlaßt, der jeweils stärker das Risiko eines Abbruchs der Verhandlungen scheut, und er schlägt zur Messung einer Konzessionsbereitschaft die Verwendung der subjektiven Wahrscheinlichkeit für alternative Verhandlungsergebnisse vor.

Ein Verhandlungspartner stehe vor der Alternative, auf seinem zuletzt abgegebenen Angebot zu beharren oder das vorliegende Angebot des Gegenspielers zu akzeptieren. Er gewichtet dann die alternativen Reaktionen seines Gegners mit seinen subjektiven Wahrscheinlichkeits-Einschätzungen für den Eintritt dieser Reaktionen, um auf diese Weise seinen erwarteten Nutzen zu maximieren.

Es sei p_{ji} die subjektive Wahrscheinlichkeit, die die Partei i der Möglichkeit einräumt, daß die Gegenpartei auf ihrem zuletzt abgegebenen Angebot besteht, und $q_{ji} = 1 - p_{ji}$ die Gegenwahrscheinlichkeit, daß der Gegner den eigenen Vorschlag akzeptiert.

Für den Fall, daß i das Angebot des Gegners akzeptiert, ist ihm der Nutzen $U_i(A_j)$ sicher. Besteht er auf seinem letzten Angebot, so könnte er einen höheren Nutzen $U_i(A_i) > U_i(A_j)$ erreichen, und zwar mit der Wahrscheinlichkeit q_{ji}. Andererseits besteht aber auch die Gefahr eines Verhandlungsabbruchs mit dem geringeren Nutzen $U_i(A^O) < U_i(A_j)$, und zwar mit der subjektiven Wahrscheinlichkeit von p_{ji}.

Wenn die Partei i ihren erwarteten Nutzen maximieren will, dann kann sie auf ihrem zuletzt abgegebenen Angebot nur beharren, wenn der damit verbundene erwartete Gesamtnutzen

unter Berücksichtigung der Möglichkeit eines Scheiterns der Verhandlungen größer oder gleich ist dem Nutzen, der aus einer Annahme des gegnerischen Angebots zu ziehen wäre. Es muß also gelten:

$$(1 - p_{ji}) U_i(A_i) + p_{ji} U_i(A^O) \geq U_i (A_j)$$

$$\text{bzw.} \quad p_{ji} \leq \frac{U_i(A_i) - U_i(A_j)}{U_i(A_i) - U_i(A^O)} = r_i$$

Der Quotient r_i wird als Risikogrenze[1] des Verhandlungspartners i bezeichnet. Für ihn gilt

$$0 \leq r_i \leq 1 ,$$

da er den Wert 0 im Falle einer Einigung annimmt, d.h. ($U_i(A_i) = U_i(A_j)$), und den Wert 1 im anderen Falle, der Nichteinigung, d.h. ($U_i(A_j) = U_i(A^O)$) .

Dieser Quotient kann als Relation zwischen einerseits den Kosten im Falle der Annahme des gegnerischen Angebots und andererseits den Kosten für ein Scheitern der Verhandlungen angesehen werden.

Somit ist r_i ein Maß für die Konzessionsbereitschaft einer Verhandlungspartei.

Wenn nämlich $r_i < r_j$ gilt, dann ist i weniger bereit als j, eine Nichteinigung zu riskieren. Also ist die Konzessionsbereitschaft bei i größer als bei der Partei j .

---

1) HARSANYI (1977), S. 151 .

Das Prinzip von ZEUTHEN lautet: [1]

a) Wenn $r_i > r_j$, dann hat Partei j die nächste Konzession einzuräumen

b) Wenn $r_i < r_j$, dann hat Partei i die nächste Konzession einzuräumen

c) Wenn $r_i = r_j$, dann haben beide Parteien Konzessionen einzuräumen

Wenn beide Parteien sich in ihren Verhandlungen an dieses Prinzip halten, dann gelangen sie zu einem Ergebnis, das mit demjenigen identisch ist, das man nach dem Verfahren von NASH erhält.[2]

---

1) Vgl. ZEUTHEN (1930) und HARSANYI (1977), S. 152 .

2) Zum Beweis s. HARSANYI (1977), S. 153 ff.

5.3. Allgemeine Zweipersonen-Verhandlungen

Allgemeine unterscheiden sich von einfachen Verhandlungsspielen darin, daß bei ihnen das Resultat u^o bei Nichteinigung nicht objektiv feststeht. Stattdessen sind die Konsequenzen für den Fall eines Scheiterns der Verhandlungen abhängig von den Strategien s , die die Parteien für den Konfliktfall jeweils selbst auswählen.

Bei solchen Konfliktstrategien handelt es sich um Drohungen an die gegnerische Partei für den Fall, daß man nicht zu einem Übereinkommen gelangt. Derartige Drohungen sind im allgemeinen nur unter eigenen Kosten in die Tat umzusetzen und haben das Ziel, dem Gegner bei Nichteinigung einen möglichst großen Schaden zuzufügen.

Im folgenden soll angenommen werden, daß die Verhandlungspartner an ihre einmal erhobenen Drohungen für den Verlauf der Verhandlungen gebunden sind, d.h., sie müssen bei einem Scheitern der Verhandlungen die ausgesprochenen Drohungen auch tatsächlich realisieren.

Jede der beiden Parteien hat zu Beginn der Verhandlung ihre Konfliktstrategie s_i bzw. s_j bekanntzugeben, so daß die Gegenpartei während der Verhandlung weiß, mit welchen Konsequenzen sie bei Nichteinigung zu rechnen hat.

Somit ergibt sich für die Verhandlungspartner das Problem, die jeweils optimale Konfliktstrategie zu finden, die dem Drohenden selbst möglichst geringe eigene Kosten verursacht, jedoch dem Gegner möglichst großen Schaden androht, um ihn zur Einigung zu bewegen. Da dieses Bestreben auf Gegenseitigkeit beruht, müssen die Drohungen jeweils optimal

sein in Hinblick auf die optimale Drohung des Gegners. Es kann gezeigt werden, daß ein solches Paar gegenseitig optimaler Konfliktstrategien s_i^o und s_j^o immer existiert, sofern die Drohungen bindend sind. [1)]

Da im Konfliktfalle der Nutzen des einen Verhandlungspartners zugleich der Schaden des anderen ist und die Umkehrung auch gilt, bietet es sich an, die optimalen Konfliktstrategien s_i^o und s_j^o gemäß einer Minimax- bzw. Maximin-Regel zu bestimmen.

Wenn u_i^o und u_j^o die Nutzen bei Anwendung der gegenseitig optimalen Strategien bezeichnen, also

$$u_i^o = u_i(s_i^o, s_j^o) \quad \text{bzw.} \quad u_j^o = u_j(s_i^o, s_j^o)$$

gilt,
und das optimale Ergebnis bei Einigung die Lösung nach NASH mit u_i^* und u_j^* ist, dann können die Kosten für eine Nichteinigung bestimmt werden durch

$$(u_i^* - u_i^o) \quad \text{bzw.} \quad (u_j^* - u_j^o) \quad .$$

Jede Verhandlungspartei muß also bestrebt sein, eine Strategie für den Konfliktfall zu entwickeln, die den Quotienten "Eigene Kosten/Gegnerische Kosten" minimiert bzw. den Quotienten "Gegnerische Kosten/Eigene Kosten" maximiert.

Diese Kostenquotienten ergeben sich als

$$\frac{u_j^* - u_j^o}{u_i^* - u_i^o} = \frac{u_j^* - u_j(s_i^o, s_j^o)}{u_i^* - u_i(s_i^o, s_j^o)} \quad .$$

---

1) NASH (1953), S.135 , HARSANYI (1977), S.170 .

Für den Fall allgemeiner Zweipersonen-Verhandlungen, in denen also die Verhandlungspartner selbst Strategien für den Nichteinigungsfall entwickeln müssen, steht folgender Lösungsansatz zur Verfügung: [1)]

$$(u_i^* - u_i^0)\,(u_j^* - u_j^0) = \max\{(u_i - u_i^0)\,(u_j - u_j^0)\}$$

$$(u_i, u_j) \in P$$

$$u_i \geq u_i^0$$

$$u_j \geq u_j^0$$

$$u_i^0,\ u_j^0 = \text{const.}$$

$$u_i^0 = u_i(s_i^0, s_j^0)$$

$$u_j^0 = u_j(s_i^0, s_j^0)$$

$$\frac{u_j^* - u_j^0}{u_i^* - u_i^0} = \frac{u_j^* - u_j(s_i^0, s_j^0)}{u_i^* - u_i(s_i^0, s_j^0)} = \max_{s_i \in S_i} \min_{s_j \in S_j} \left[\frac{u_j^* - u_j(s_i, s_j)}{u_i^* - u_i(s_i, s_j)}\right]$$

$$= \min_{s_j \in S_j} \max_{s_i \in S_i} \left[\frac{u_j^* - u_j(s_i, s_j)}{u_i^* - u_i(s_i, s_j)}\right]$$

S_i , S_j := Gesamtheit der i bzw. j zur Verfügung stehenden Strategien

Mit diesem Lösungsansatz erhält man die NASH-Lösung mit gegenseitig optimalen Konfliktstrategien.

---

1) Vgl. HARSANYI (1977), S. 178 .

Es ist zu beachten , daß dieser Lösungsansatz von der realistischen Annahme ausgeht, daß es für eine optimale Verhandlungsstrategie nicht ausreicht, nur die eigenen Kosten und Erträge möglicher Verhandlungsresultate zu berücksichtigen. Vielmehr ist es notwendig, die potentiellen gegnerischen Kosten ins Verhältnis zu den eigenen zu setzen, um daraus die Stärke der eigenen Verhandlungsposition abzulesen.

Allerdings setzt auch dieses Konzept von NASH voraus, daß die Verhandlungspartner volle Information über die Nutzenfunktion der Gegenpartei besitzen.

Grafisch läßt sich der Einfluß der Drohstrategien auf das optimale Einigungsergebnis folgendermaßen darstellen: [1)]

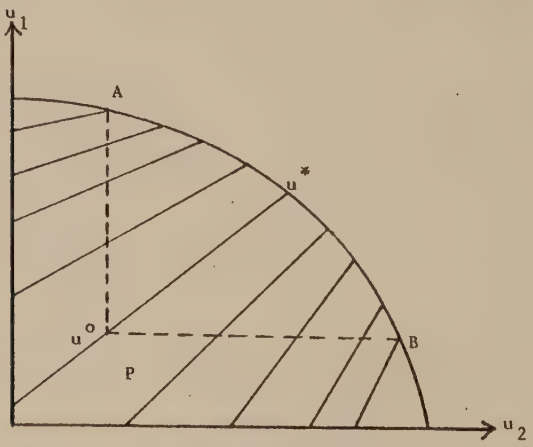


Abb. 5.3.1 : Einfluß der Drohstrategie auf das Verhandlungsergebnis

1) Vgl. OWEN (1970), S. 154 .

Abbildung 5.3.1 zeigt eine zulässige Lösungsmenge P mit dem relevanten Pareto-optimalen Rand zwischen A und B und den Drohpunkt u^o. Die NASH-Lösung erhält man dadurch, daß durch jeden Punkt des Pareto-optimalen Randes eine Gerade konstruiert wird, deren Steigung gleich dem Negativen der Steigung der Tangente an diesen Punkt ist. Diejenige Gerade, die durch den Drohpunkt u^o verläuft, gibt in ihrem Schnittpunkt mit dem Pareto-optimalen Rand die NASH-Lösung an.

Demnach wird die Partei 1 eine Drohstrategie wählen, die zu einem Drohpunkt führt, der möglichst weit links und/oder oben liegt. Partei 2 hingegen wird versuchen, das Gegenteil zu erreichen.

Die Abbildung zeigt aber auch deutlich, daß es im Sinne des NASH-Konzepts für eine Partei bei der Wahl zwischen zwei Drohstrategien nicht darauf ankommt, den eigenen Nutzen im Falle einer Nichteinigung unbedingt zu erhöhen. Es reicht aus, bei gleichbleibendem eigenen Nutzen lediglich den Schaden für die Gegenpartei zu vergrößern, um dann bei einer Einigung ein besseres Ergebnis zu erzielen.

Ebenso effektiv ist es für eine Partei, für den Konfliktfall lediglich fur sich einen höheren Nutzen anzustreben, ohne dabei eine Nutzenminderung für den Gegner zu verfolgen. Auch mit einer solchen Strategie kann eine günstigere Ausgangssituation geschaffen werden.

5.4. Verhandlungen zwischen mehreren Personen

5.4.1. Allgemeines

Sind mehr als zwei Personen an einer Verhandlung beteiligt, so gilt es, ein Verhandlungsergebnis zu finden, das von allen n beteiligten Verhandlungspartnern akzeptiert wird.

Theoretisch kann daher eine solche n-Personen-Verhandlung angesehen werden als $n(n-1)/2$ Einzelverhandlungen zwischen jeweils zwei Personen aus der Gesamtmenge der Verhandlungspartner. Ein stabiles Verhandlungsresultat besteht dann aus $n(n-1)/2$ bilateralen Einigungen. Dabei wird unterstellt, daß das Verhandlungsergebnis von allen Parteien angenommen wird, also Einstimmigkeit herrscht.

5.4.2. Einfache n-Personen-Verhandlungen (nach HARSANYI)[1)]

Die Menge aller zulässigen Lösungen P ist ein konvexer, kompakter und n-dimensionaler Raum. Die Lage des Konfliktpunktes u^o, der das Resultat bei Nichteinigung bezeichnet, schränkt den Verhandlungsspielraum ein.[2)] Bei rationalem Verhalten der Verhandlungsparteien wird der Verhandlungsspielraum zusätzlich auf die Menge der effizienten Lösungen reduziert, die geometrisch eine (n-1)-dimensionale Hyperfläche an der Grenze des Lösungsraums darstellt.

Als Lösung $u^* = (u_1^*, \ldots, u_n^*)$ eines einfachen Verhandlungsspiels mit der Gesamtmenge N an Verhandlungsparteien gilt nach HARSANYI[3)] der Vektor u^*, der das auf n Personen

---

1) Vgl. HARSANYI (1977), S. 196 ff.

2) Vgl. Abschnitt 5.2.1.

3) Vgl. HARSANYI (1977), S. 197 .

erweiterte NASH-Produkt

$$\pi = \prod_{i \in N} (u_i - u_i^o) \quad \text{maximiert}$$

und folgende Nebenbedingungen erfüllt:

$$u \in P$$

$$u_i \geq u_i^o \qquad \text{für alle } i = 1,\ldots,n$$

$$u_i^o = \text{const.} \qquad \text{für alle } i = 1,\ldots,n \qquad 1)$$

5.5. Kritik am Lösungskonzept von NASH

Das von NASH entworfene und vor allem von HARSANYI weiterentwickelte Konzept, Verhandlungsprobleme auf spieltheoretischem Wege zu lösen, wird einerseits wegen der "sauberen axiomatischen Begründung" positiv beurteilt.[2] Andererseits geben gerade diese von NASH aufgestellten Axiome Anlaß zu vielfältiger Kritik.

NASH selbst räumt ein, daß die Forderungen nach vollständiger Information und rationalem Handeln der Verhandlungspartner in der Realität im allgemeinen nicht vollkommen erfüllt sind.[3]

Auch ist es fraglich, ob eine Einigung per Verhandlung unabhängig sein kann von der Persönlichkeit der einzelnen

---

1) Zur ausführlichen Darstellung und Diskussion vgl. HARSANYI (1977), S.196 ff. und FANDEL (1978), S.81 ff.

2) FANDEL (1978), S. 37 .

3) Vgl. NASH (1953), S. 130 .

Verhandlungspartner. Obwohl empirisch gezeigt werden konnte, daß Verhandlungspartner gleichgroße Verhandlungserfahrung der Parteien bevorzugen,[1] so erscheint doch die Hypothese von gleichem Verhandlungsgeschick wenig realistisch.[2]

Das Axiom der Unabhängigkeit der Lösung von irrelevanten Alternativen ist ebenfalls problematisch.[3] Es bleibt die Frage, ob das Auftreten zusätzlicher Alternativen tatsächlich nicht doch zu einer veränderten Lösung führen kann, die dennoch zur ursprünglichen Alternativenmenge gehört.

Ein Zeitfaktor wird von NASH nicht berücksichtigt. Somit ist auch eine eventuell im Zeitablauf der Verhandlung auftretende Änderung der Nutzenfunktion der Parteien nicht im Modell erfaßt.[4]

Dem eigentlichen Verhandlungsprozeß wird von NASH keine Aufmerksamkeit geschenkt. Sobald der Nichteinigungspunkt u^o festliegt, ist die NASH-Lösung bereits determiniert.

Damit ergibt sich die Frage, ob NASH mit seinem Konzept überhaupt einen positiven Ansatz mit Prognosecharakter formulieren wollte, oder eher einen normativen, der auf eine "faire Lösung" hinweisen soll.

Auch wenn eine Beurteilung, ob eine Verhandlungslösung als "fair" zu betrachten ist, eine interpersonelle

---

1) Vgl.KÜLP (1972), S. 76 .

2) Vgl.u.a. KRELLE (1968), S. 376 .

3) Vgl. u.a. KRELLE (1968), S.376, OWEN (1970), S.147, KELLER (1974), S. 66 .

4) Vgl. KELLER (1974), S. 65.

Nutzenvergleichbarkeit voraussetzt und damit gegen das Konzept von NASH verstößt[1], so ist das NASH-Modell doch in erster Linie eine normative Theorie.[2]

Durch Variation des Nichteinigungsvektors u^{o} könnte man eine Flexibilität des NASH-Verfahrens von praktischer Relevanz erreichen. So könnte man den Verhandlungsparteien zur Entscheidungshilfe verschiedene "faire" Lösungen jeweils in Abhängigkeit von veränderten Nichteinigungspunkten vorlegen.

Denn der Nichteinigungsvektor ist zwar von entscheidendem Einfluß auf das Endergebnis der Verhandlung, jedoch hat er im Modell von NASH einen eher technischen Charakter, da gemäß dem Rationalitätspostulat ein solcher Vektor tatsächlich gar nicht realisiert wird.[3]

Die Unabhängigkeit der NASH-Lösung von Ursprungspunkt und Maßeinheiten der jeweiligen Nutzenfunktionen ist eine positiv zu bewertende Eigenschaft des Konzeptes für die praktische Anwendung.

Ein Vergleich spieltheoretischer Verhandlungsmodelle läßt FANDEL zu dem Schluß kommen, es " empfiehlt sich damit allein das kooperative NASH-Konzept uneingeschränkt als Entscheidungstechnik zur Lösung " des Verhandlungsproblems.[4]

---

1) Vgl. KRELLE (1968), S. 376 .

2) Vgl. u.a. CONTINI/ZIONTS (1968), S. 402 ; LUCE/RAIFFA (1965), S. 124 ; BISHOP (1963), S. 578 ; als positive Theorie hingegen wird das Modell u.a. von HARSANYI (1961) gesehen.

3) Vgl.FANDEL (1978), S. 36 .

4) FANDEL (1978), S. 77 .

5.6. Die Lösung nach SHAPLEY

Für kooperative n-Personen-Verhandlungen, in denen der Nutzen zwischen den Parteien transferierbar[1] ist, gibt SHAPLEY ein Lösungskonzept.[2]

"Transferierbare Nutzen bedeutet, daß die Summe aller Nettonutzengewinne und Nettonutzenverluste über alle Spieler nach erfolgtem Nutzentransfer gleich Null ist."[3]

5.6.1. Die Charakteristische Funktion[4]

Die Gesamtzahl aller Parteien einer Verhandlung sei N, die sich wiederum unterteilen lasse in Koalitionen. Für jede Koalition S mit $S \subseteq N$ sei der gemeinsame Nutzen mit

$$\sum_{i \in S} u_i = v(S)$$

gegeben. Die Funktion v(S) wird als Charakteristische Funktion des Verhandlungsspiels bezeichnet. Sie gibt den Nutzen an, den Verhandlungspartner gemeinsam erreichen könnten, wenn sie sich zu einer Koalition zusammenschließen würden. Dabei berücksichtigt die Charakteristische Funktion alle potentiell in einer Verhandlung möglichen Koalitionen.

---

1) Eine Annahme, die keine allgemeine Gültigkeit besitzt; vgl. z.B. NASH (1953).

2) Vgl. SHAPLEY (1953).

3) FANDEL (1978), S. 37.

4) Vgl. hierzu u.a. HARSANYI (1977), S. 212 ff.

Formal wird diese Funktion üblicherweise wie folgt dargestellt: [1]

Umfaßt eine Koalition S nur die Partei i, so wird sie mit $S = (i)$ bezeichnet; umfaßt sie die Parteien i und j, so gilt $S = (ij)$, usw. . Entsprechend werden die charakteristischen Funktionen mit $v(S) = v((i))$, $v(S) = v((ij))$, usw. bezeichnet.[2]

Die charakteristische Funktion hat folgende Eigenschaften:

a) Eine leere Koalition [3] $\emptyset$ erhält einen gemeinsamen Nutzen von Null :

$$v(\emptyset) = 0$$

b) Wenn zwei Koalitionen R und S mit $R,S \subseteq N$ und $R \cap S = \emptyset$ [4] sich zusammenschließen zu einer Koalition, dann soll es für die Mitglieder von R und S möglich sein, mindestens den gleichen Nutzen zu erreichen, den sie ohne Bildung der großen Koalition erhalten können:[5]

$$v(R\&S) \geq v(R) + v(S)$$

---

1) Vgl. u.a. HARSANYI (1977), S. 302 .

2) v(S) wird auch als Wert einer Koalition bezeichnet .

3) In diesem Fall ist die Menge der Koalitionsteilnehmer leer, d.h.,die Koalition hat keine Teilnehmer .

4) D.h.,R und S haben keine gemeinsamen Mitglieder .

5) Diese Eigenschaft wird auch als Superadditivität der charakteristischen Funktion bezeichnet .

5.6.2. Der SHAPLEY-Wert

Das Lösungskonzept nach SHAPLEY gründet sich auf die charakteristische Funktion eines Verhandlungsspiels. Der sogenannte SHAPLEY-Wert $\bar{u}_i$ einer Verhandlungspartei i bezeichnet den für diese Partei zu erwartenden Nutzen aus den Verhandlungen.

Für die Existenz eines solchen SHAPLEY-Wertes müssen folgende Forderungen erfüllt sein: [1)]

a) Gemeinsame Effizienz: Der von allen Parteien maximal erreichbare Gesamtnutzen wird vollständig auf alle Parteien aufgeteilt:

$$\sum_{i \in N} \bar{u}_i = v(N)$$

b) Wenn eine Partei i zum Wert der ihr möglichen Koalitionsbildungen nichts beitragen kann, d.h., wenn für alle möglichen Koalitionen $S \subseteq N$ gilt

$$v(S + (i)) = v(S),$$

dann wird ihr der Nutzen bzw. SHAPLEY-Wert $\bar{u}_i = 0$ zugeordnet.

c) Symmetrie: Wenn in einem Verhandlungsspiel, das in Form einer charakteristischen Funktion gegeben ist, alle n Parteien gegeneinander ausgetauscht werden können, ohne daß sich dadurch die charakteristische Funktion verändert, dann wird diese Verhandlung symmetrisch genannt, und alle n Parteien erhalten den gleichen SHAPLEY-Wert zugeordnet:

$$\bar{u}_1 = \bar{u}_2 = \ldots = \bar{u}_n$$

---

1) Vgl. HARSANYI (1977), S. 215 ff.

d) Additivität: Für jede Partei gilt, daß der Gesamtnutzen, der ihr aus zwei getrennten Verhandlungsspielen erwächst, dem Nutzen gleich ist, den sie erhält, wenn beide Verhandlungen zu einer einzigen verschmelzen.[1)]

Diese Postulate besagen im Wesentlichen, daß

- das Verhandlungsergebnis Pareto-optimal sein muß;
- bei gleichen Verhandlungspositionen aller Parteien der erreichbare Nutzen gleichmäßig verteilt wird;
- eine für alle Koalitionen unbedeutende Partei aus der Verhandlung keinen Nutzen ziehen darf;
- das Ergebnis einer Verhandlung für jede Partei davon unabhängig sein muß, welche anderen Verhandlungen sie vorher, nachher oder gleichzeitig führt.

Es existiert nun ein und nur ein Nutzenvektor $\bar{u}$ $(\bar{u}_1,\ldots,\bar{u}_n)$, der alle vier genannten Forderungen erfüllt.[2)]

Die n Komponenten $\bar{u}_i$ des Vektors ergeben sich als

$$\bar{u}_i = \sum_{\substack{S \ni i \\ S \subseteq N}} \frac{(s-1)!\,(n-s)!}{n!}\, v(S) - \sum_{\substack{S \not\ni i \\ S \subseteq N}} \frac{s!\,(n-s-1)!}{n!}\, v(S) \quad ,$$

wobei s die jeweilige Anzahl der Koalitionsteilnehmer für die Koalition S angibt.

Damit ist für jede Partei i der ihr zugeordnete SHAPLEY-Wert $\bar{u}_i$ einer Verhandlung definiert.

---

1) Eine ausführliche Diskussion dieses Postulats ist in HARSANYI (1977), S. 216 und S. 236 ff. gegeben.

2) Zum Beweis dieses Theorems s. SHAPLEY (1953), S. 311 ff.

Der SHAPLEY-Wert kann als eine Linearkombination der Werte aller in einer Verhandlung möglichen Koalitionen angesehen werden. Dabei gehen die Werte von Koalitionen, denen jeweils die Partei i angehört, mit positivem Vorzeichen in die Bestimmungsformel ein und Werte der Koalitionen, denen i nicht angehört, mit negativem Vorzeichen.

SHAPLEY selbst gibt dem Vektor $\bar{u}$ nicht die Bedeutung, bereits ein Verhandlungsergebnis zu bezeichnen. Nach seiner Interpretation haben die SHAPLEY-Werte den Charakter von Erwartungswerten für die einzelnen Verhandlungsparteien.

Jedoch kann der Vektor der SHAPLEY-Werte auch als Lösungsvorschlag für die verhandelnden Parteien interpretiert werden.[1)] Allerdings ist dabei stets zu beachten, daß ein Nutzentransfer zwischen den Parteien möglich sein muß. Denn die Charakteristische Funktion gibt den Gesamtnutzen an, den eine Koalition gemeinsam erreichen kann, nicht aber dessen Aufteilung auf die einzelnen Koalitionsteilnehmer.

5.6.2.1. Beispiel

Die Berechnung der SHAPLEY-Werte als Lösung eines Verhandlungsproblems soll an einem Beispiel demonstriert werden.

Wieder sei die Verhandlung zwischen den beiden Unternehmern A und B betrachtet, die bei Nichteinigung jeweils DM 250 bzw. DM 500 zu erwarten haben, jedoch bei Einigung den Betrag von DM 1000 gemeinsam erhalten.

---

1) Vgl. u.a. HARSANYI (1977), S. 226 ff., OWEN (1970), S. 182 ff., FANDEL (1978), S. 41 .

Eine Permutation der Koalitionsmöglichkeiten ergibt folgende potentielle Koalitionen und ihre Werte:

Koalitionen:[1] S(A), S(B), S(A,B)

Koalitionswerte: v((A)) = 250
v((B)) = 500
v((A,B)) = 1000

Damit ergeben sich folgende SHAPLEY-Werte:

$$\bar{u}_A = \frac{(1-1)!\,(2-1)!}{2!} \cdot 250 + \frac{(2-1)!\,(2-2)!}{2!} \cdot 1000 - \frac{1!\,(2-1-1)!}{2!} \cdot 500 = 375$$

$$\bar{u}_B = \frac{(1-1)!\,(2-1)!}{2!} \cdot 500 + \frac{(2-1)!\,(2-2)!}{2!} \cdot 1000 - \frac{1!\,(2-1-1)!}{2!} \cdot 250 = 625$$

Nach dem Konzept von SHAPLEY erhält Unternehmer A einen Betrag von DM 375, B einen Betrag von DM 625 .
Diese Lösung ist mit der NASH-Lösung identisch.

---

1) Ohne Berücksichtigung der leeren Koalition S(Ø), da diese ohnehin den Wert Null erhält.

5.6.2.2. Die Bewertung von Koalitionspartnern

Eine andere Funktion kann der SHAPLEY-Wert in einem Sonderfall erfüllen : Bei der Ermittlung von Gewinn-Koalitionen stellt er den Wert der einzelnen potentiellen Koalitionspartner fest. [1)]

Wenn man einer Koalition S den Wert 1 zuordnet, wenn diese Koalition nur unter Teilnahme der Partei i gewinnt, ansonsten aber den Wert O, dann reduziert sich die Bestimmungsformel für den SHAPLEY-Wert für i auf

$$\bar{u}_i = \sum_S \frac{(s-1)!\ (n-s)!}{n!}$$

Dabei erfolgt die Summation über alle Koalitionen, die mit der Partei i gewinnen und ohne i verlieren.

5.6.2.2.1. Beispiel

Ein Beispiel soll diese spezielle Bedeutung der SHAPLEY-Werte zeigen:

Ein Parlament setzt sich aus 91 Abgeordneten zusammen, die vier verschiedenen Parteien angehören.

Die Sitzverteilung ist wie folgt:

A-Partei: 32 Sitze
B-Partei: 30 Sitze
C-Partei: 16 Sitze
D-Partei: 13 Sitze

---

1) Vgl. u. a. OWEN (1971), S. 187 .

Wenn Beschlüsse des Parlaments mit einfacher Mehrheit (46 Stimmen) gefaßt werden müssen, dann ergeben sich die möglichen Gewinn-Koalitionen als

$$(AB), (AC), (BC), (ABC), (ACD), (BCD), (ABD), (ABCD)^{1)}$$

Die Koalitionen, die nur mit der A-Partei gewinnen können und beim Ausscheiden der A-Partei verlieren, sind (AB), (AC), (ACD) und ABD).

Damit berechnet sich der SHAPLEY-Wert für die A-Partei als

$$\bar{u}_A = \frac{1!2!}{4!} + \frac{1!2!}{4!} + \frac{2!1!}{4!} + \frac{2!1!}{4!} = \frac{1}{3}$$

Da die B-Partei für ein Gewinnen der Koalitionen (AB), (BC), (BCD) und (ABD) als Partner unerläßlich ist, ergibt sich analog der SHAPLEY-Wert für sie als

$$\bar{u}_B = \frac{1}{12} + \frac{1}{12} + \frac{1}{12} + \frac{1}{12} = \frac{1}{3}$$

Entsprechend wird der C-Partei der Wert 1/3 zugeordnet.

Für die D-Partei hingegen errechnet man einen SHAPLEY-Wert von 0. Darin spiegelt sich die Tatsache wieder, daß diese Partei trotz ihrer 13 Sitze für Parlamentsbeschlüsse vollkommen unbedeutend ist, da durch Koalitionsbildung eine einfache Mehrheit immer herbeigeführt werden kann, ohne daß die D-Partei am Entscheidungsprozeß beteiligt wird.

Stellt man die relative Sitzverteilung im Parlament den SHAPLEY-Werten gegenüber, so ergibt sich folgendes Bild:

---

1) Dabei sei unterstellt, daß Fraktionszwang besteht, d.h. die Parteien geschlossen abstimmen.

	Anteil der Sitze	SHAPLEY-Wert $\bar{u}_i$
A-Partei	0,35	0,33
B-Partei	0,33	0,33
C-Partei	0,18	0,33
D-Partei	0,14	0,00

Aufgrund der Konstellation im Parlament erhält die C-Partei tatsächlich eine deutlich stärkere politische Position, als es ihr der Sitzverteilung nach zustehen würde. Umgekehrt verhält es sich mit der D-Partei.

Die Aussagekraft dieses SHAPLEY-Wertes läßt sich anschaulich demonstrieren für den Fall, daß ein Abgeordneter von der C-Partei zur D-Partei überwechselt.

Die Sitzverteilung ergibt sich dann mit(32, 30, 15, 14). Die Gewinn-Koalitionen sind jetzt (AB), (AC), (AD), (ACD), (ABC), (BCD), (ABD), (ABCD).

Berechnet man die SHAPLEY-Werte $\bar{u}_i'$, so findet man

$\bar{u}_A' = 1/2$

$\bar{u}_B' = 1/6$

$\bar{u}_C' = 1/6$

$\bar{u}_D' = 1/6$.

Diese Werte zeigen, daß trotz einer nur geringfügigen Verschiebung in der Sitzverteilung um ein Mandat die politische Machtverteilung erheblich verändert wird :

	Anteil der Sitze	SHAPLEY-Werte $\bar{u}_i'$	SHAPLEY-Werte $\bar{u}_i$
A-Partei	0,35	0,50	0,33
B-Partei	0,33	0,17	0,33
C-Partei	0,17	0,17	0,33
D-Partei	0,15	0,17	0,00

Von dem Parteiwechsel profitiert nicht nur die D-Partei, sondern in gleichem Maße auch die hierbei unbeteiligte A-Partei. Der Grund dafür ist, daß jetzt auch eine gewinnfähige Koalition (AD) möglich wird, so daß die Parteien A und D ihre politische Macht zulasten der Parteien B und C verstärkt haben.

Wenn statt einer einfachen Mehrheit Einstimmigkeit gefordert ist, dann reduziert sich die Menge der Gewinn-Koalitionen auf die alle Parteien umfassende Koalition (ABCD). Die SHAPLEY-Werte sind in diesem Fall

$$\bar{u}_i = \bar{u}_A = \bar{u}_B = \bar{u}_C = \bar{u}_D = 1/4$$

Damit trägt die Konstruktion des SHAPLEY-Wertes dem Umstand Rechnung, daß auch die kleinste Partei die gleiche Macht wie eine große Partei besitzt, wenn sie ein Veto-Recht hat.

Für den Fall, daß eine Gewinn-Koalition eindeutig definiert werden kann, wird der SHAPLEY-Wert durch eine (0,1)-Bewertung potentieller Koalitionen also zu einem aussagekräftigen Maß für die Verhandlungsmacht der einzelnen Koalitionspartner.

5.6.3. Kritik

Die Prozedur zur Berechnung des Vektors der SHAPLEY-Werte erfaßt systematisch alle Koalitionsmöglichkeiten in einer gegebenen Verhandlung. Der SHAPLEY-Wert selbst berücksichtigt die Verhandlungsmacht der einzelnen Parteien gemäß des Grenzertrages, den eine Partei zu einer möglichen Koalition beiträgt.

Wenn die SHAPLEY-Werte zur Bestimmung einer Verhandlungslösung dienen, so ist diese Lösung bereits festgelegt, sobald die Koalitionswerte durch die Charakteristische Funk-

tion bestimmt sind.

Somit wird weder ein Verhandlungsprozeß berücksichtigt, noch ist der Lösungsansatz flexibel.

Im Gegensatz zum NASH-Konzept, bei dem die Auswirkungen einer Variation des Nichteinigungsvektors auf die Einigungslösung deutlich sichtbar sind, erlaubt die komplizierte Bestimmungsformel für die SHAPLEY-Werte den Verhandlungspartnern nicht, den Effekt unterschiedlicher Charakteristischer Funktionen zu erkennen. Dadurch entfällt die Möglichkeit, auf diese Weise den Lösungsansatz flexibler zu gestalten. [1)]

Eine entscheidende Einschränkung der praktischen Verwendbarkeit erfährt das SHAPLEY-Konzept dadurch, daß es nur auf Verhandlungsspiele mit transferierbarem Nutzen anwendbar ist. Ein solcher Nutzentransfer zwischen den Parteien ist jedoch in der Praxis nicht immer möglich; vor allem dann nicht, wenn der Nutzen nicht linear zu Geldeinheiten ist.

Und da schließlich die Transferierbarkeit des Nutzens auch Seitenzahlungen [2)] impliziert, schränkt dieses die prakti-

---

1) Vgl. FANDEL(1978), S. 44

2) Unter Seitenzahlungen ("side-payments") werden in der Spiel- und Verhandlungstheorie im allgemeinen Ausgleichszahlungen (in Geld oder anderen Einheiten) verstanden, die zur Kompensation von als ungerecht empfundenen Nutzenverteilungen bei Einigung dienen. Eine Partei bietet einer anderen derartige Zahlungen an, um diese zu einer Einigung bzw. Koalition zu bewegen, wenn diese ohne einen solchen Ausgleich eine Einigungslösung nicht akzeptiert. Seitenzahlungen setzen einen transferierbaren Nutzen voraus. Im Konzept von SHAPLEY ist diese Voraussetzung erfüllt. NASH hingegen macht in seinem Modell keine allgemeinen Annahmen über irgendwelche "side-payments"; wenn eine Verhandlung solche Ausgleichszahlungen zuläßt, dann werden sie bei NASH in die jeweiligen Strategien der Parteien aufgenommen.

sche Verwendbarkeit des SHAPLEY-Konzepts weiter ein. Denn die Zulässigkeit von Seitenzahlungen besitzt keine allgemeine Gültigkeit. Und sollten diese dennoch zulässig sein und in Form von Geldzahlungen erfolgen, so bedingt das,daß alle beteiligten Parteien lineare Nutzenfunktionen in Geld besitzen. Diese Voraussetzung ist jedoch in der Realität nur in speziellen Fällen gegeben. [1)]

Versuche, das SHAPLEY-Konzept zu verallgemeinern und auch auf Verhandlungen ohne Seitenzahlungen auszudehnen, führen zu wenig praktikablen Resultaten. [2)]

---

1) Zu diesem Kritikpunkt vgl. u.a. FANDEL (1978), S. 45 .
2) Vgl. u.a. OWEN (1977), S. 202, FANDEL (1978), S. 51 ff.

6. Ein integriertes Entscheidungssystem für computergestützte Kolektiventscheidungen bei mehrfacher Zielsetzung

6.1. Die Elemente des Systems und ihre Interdependenz

In den vorstehenden Kapiteln wurden mathematische Verfahren zur Lösung des Vektormaximumproblems, Möglichkeiten zum interpersonellen Divergenzabbau, die Grundlagen einer Präferenzaggregation und schließlich ausgewählte Elemente der Verhandlungstheorie dargestellt.

Die mathematischen Verfahren zur Lösung des Vektormaximumproblems bieten in einem interaktiven Mensch-Computer-Dialog den Entscheidungsträgern effiziente Kompromiß-Lösungen an. Sie verlangen jedoch bei Mehrpersonenentscheidungen insbesondere in den Entscheidungsphasen der Lösungsprozedur Verhandlungen zwischen den Entscheidungsträgern. Und sie sind zumeist erst praktikabel, wenn komplexe Entscheidungsprobleme auf ein gewisses Maß eingeschränkt werden.

Der interpersonelle Divergenzabbau insbesondere bei der Problemformulierung mittels mathematischer Verfahren gibt den Entscheidungsträgern die Möglichkeit, die Zahl divergierender Zielvorstellungen und zielabhängiger Restriktionen zu reduzieren, um die formale Darstellung des Entscheidungsproblems zu vereinfachen. Dazu sind Verhandlungen zwischen den Mitgliedern des Entscheidungskollektivs notwendig. Und ein Dialog mit einer Rechenanlage erscheint unabdingbar, vor allem zur Bestimmung des effizienten Lösungsbereiches und wenn das Entschei-

dungsproblem sehr komplex ist. Die Methoden der Präferenzaggregation erlauben es dem Entscheidungsgremium, die verschiedenen Präferenzen innerhalb des Gremiums oder von untergeordneten Entscheidungsträgern nach festgelegten Regeln ganz oder teilweise zu aggregieren, um so zu Gruppenpräferenzen zu gelangen, die weitestgehend die Individualpräferenzen widerspiegeln und somit Entscheidungen garantieren, die von Mehrheiten getragen werden. Dazu erscheint es sinnvoll, sich eines Mensch-Maschine-Dialogs zu bedienen, insbesondere um Substitutionsraten und Präferenzintensitäten zu ermitteln und Zyklenfreiheit bei aggregierten Präferenzordnungen zu erreichen. Und nicht zuletzt die Bestimmung von Entscheidungsalternativen, die nicht von anderen dominiert werden, erfordert bei größerer Problemkomplexität den Einsatz einer Rechenanlage.

Die verhandlungstheoretischen Ansätze zur Überwindung von Zielkonflikten schließlich bieten Verhandlungsprozeduren an, die zu Lösungen führen, die Pareto-optimal sind, und die eine interpersonelle Verhandlung erheblich unterstützen, sobald die Verhandlungspartner sich auf bestimmte Verhandlungsregeln geeinigt haben. Dabei verlangt nicht nur die Bestimmung Pareto-optimaler Verhandlungsergebnisse einen Mensch-Maschine-Dialog, sondern auch die Beschaffung verhandlungsrelevanter Information und die Operationalisierung von Präferenzordnungen der Entscheidungsträger.

6.2. Die Integration der Entscheidungselemente

Allen vier Instrumenten zur kollektiven Entscheidungsfindung ist ein zentrales Problem gemein : Die Effizienz der durch sie erbrachten Lösungsalternativen. Die Methoden des Operations Research zur Lösung des Vektormaximumproblems und zur interpersonellen Konfliktreduzierung suchen nach e f f i z i e n t e n Lösungen, in der Theorie der Präferenzaggregation werden derartige Alternativen als n i c h t v o n a n d e r e n d o m i n i e r t bezeichnet und in der Bargaining Theory als P a r e t o - o p t i m a l . Alle drei Begriffe bedeuten inhaltlich das gleiche, nämlich die Forderung, daß ein optimaler Lösungsvektor eines Zielkonfliktes die Eigenschaft besitzt, daß eine weitere Optimierung eines Zielfunktionswertes nur zu Lasten eines anderen möglich ist.

Betrachtet man die vier genannten Instrumente daraufhin, welche Entscheidungshilfen sie dem Entscheidungskollektiv liefern können und was sie insbesondere hinsichtlich Informationsbeschaffung und Informationsverarbeitung verlangen, so bietet es sich geradezu an, diese verschiedenen, bislang getrennt voneinander betrachteten Komponenten zu verbinden zu einem integrierten Entscheidungssystem.

Dabei stehen die Teilkomponenten in wechselseitigen Beziehungen zueinander, und zwar dergestalt, daß sie sich gegenseitig ergänzen und beeinflussen.

So ist der mathematische Divergenzabbau bei der Formulierung des anstehenden Entscheidungsproblems ein wirkungsvolles Verfahren, das Problem formal zu vereinfachen und auf eine vorhandene Rechnerkapazität zuzuschneiden, so daß ein interaktives Verfahren zur Lösung des Vektormaxi-

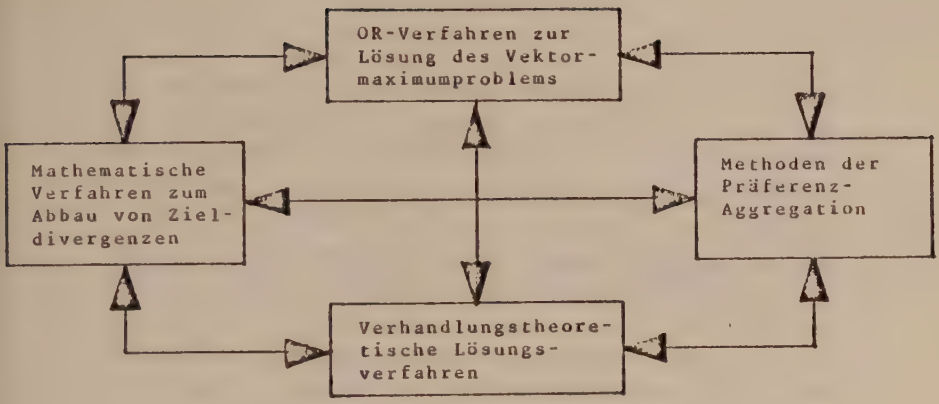


Abb. 6.2.1 : Interdependenzen eines integrierten Entscheidungssystems

mumproblems angewendet werden kann. Andererseits stehen diese interaktiven Verfahren zur Verfügung, für den interpersonellen Divergenzabbau Kompromißlösungen zu ermitteln und den Entscheidungsträgern anzubieten.

Eine Präferenzaggregation unterstützt die interaktiven Verfahren zur Lösung des Vektormaximumproblems, indem Individualpräferenzen zusammengefaßt werden zu Gruppenpräferenzen, welche dann Eingang finden in diese Lösungsverfahren, und zwar in Form von aggregierten Zielfunktionen, zielabhängigen Restriktionen und/oder Koeffizienten. Zur Präferenzaggregation wiederum ist es notwendig, in einem Dialog mit dem Rechenprogramm zu zyklenfreien Gruppenpräferenzen, zu kardinalen Präferenzordnungen und zu effizienten Alternativen zu gelangen. Auch dabei können die mathematischen Methoden zum interpersonellen Divergenzabbau nützlich sein, wie umgekehrt per Aggregation der Individualpräferenzen ein solcher Divergenzabbau unterstützt werden kann.

Die Methoden der Verhandlungstheorie schließen den Regelkreis, da sowohl die OR-Verfahren zur Lösung des Vektormaximumproblems, die Methoden des interpersonellen Divergenzabbaus als auch die Präferenzaggregation in bestimmten Phasen ganz eindeutige Verhandlungselemente enthalten. Und andererseits können die anderen Komponenten des Entscheidungssystems eine Verhandlung wesentlich unterstützen und zu einem erfolgreichen Ergebnis führen. So ist zum Beispiel leicht einsichtig, daß bei sehr komplexen Verhandlungen die Entscheidungsträger nur bedingt in der Lage sind, Entscheidungsalternativen dahingehend zu überprüfen, ob sie effizient sind. Sie benötigen dazu computergestützte Entscheidungshilfen. [1] Ebenso werden für erfolgreiche Verhandlungsabläufe Informationen über Präferenzen, Präferenzintensitäten, Substitutionsraten, Verhandlungsstärke usw. benötigt, die nur ein in den Verhandlungsprozeß integriertes Rechenprogramm kurzfristig und umfassend liefern kann.

Im folgenden soll nun eine Möglichkeit aufgezeigt werden, die eingehend erläuterten Einzelbestandteile eines Lösungsprozesses zur Überwindung von Zielkonflikten bei Kollektivverhandlungen zu einem computergestützten Entscheidungsablauf zusammenzufassen.

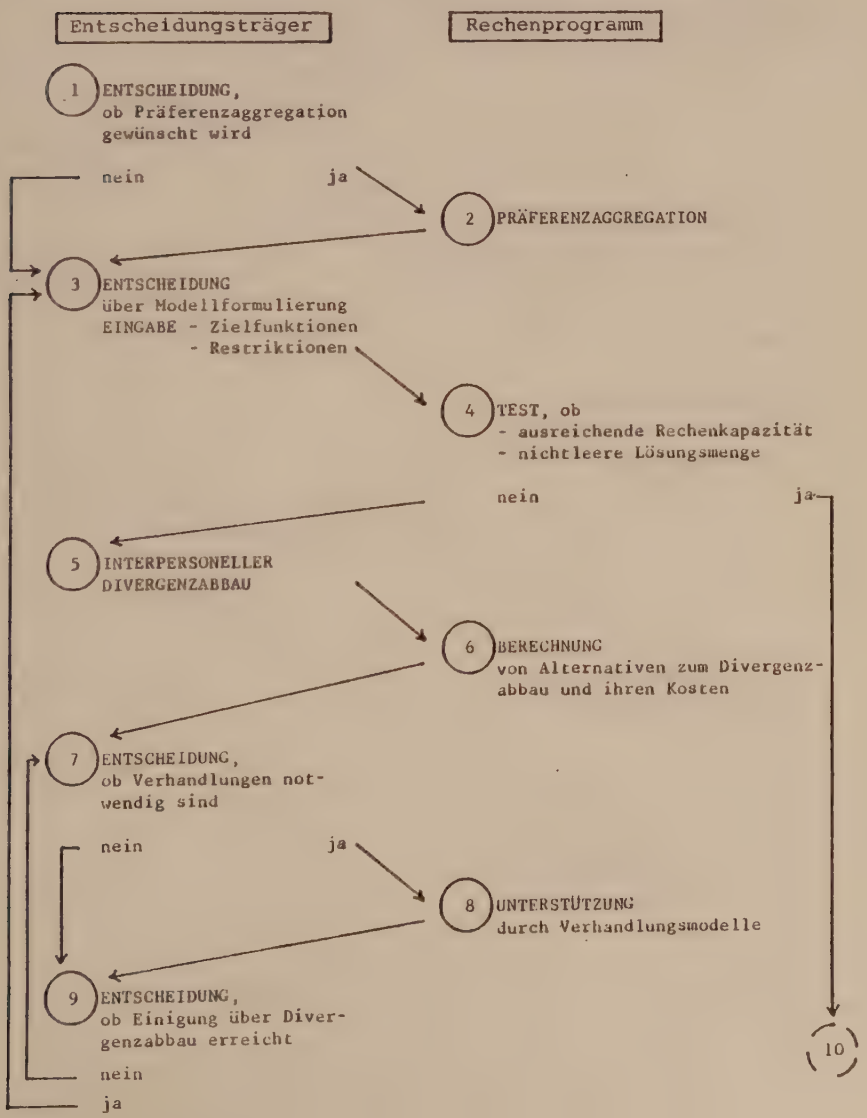
Das nachfolgende interaktive Entscheidungssystem hat dabei lediglich exemplarischen und richtungsweisenden Charakter. Selbstverständlich können alle in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Entscheidungshilfen in das System Eingang finden, worauf hier nur zum Zwecke einer übersichtlichen Demonstration der Grundzüge des Systems verzichtet wird.

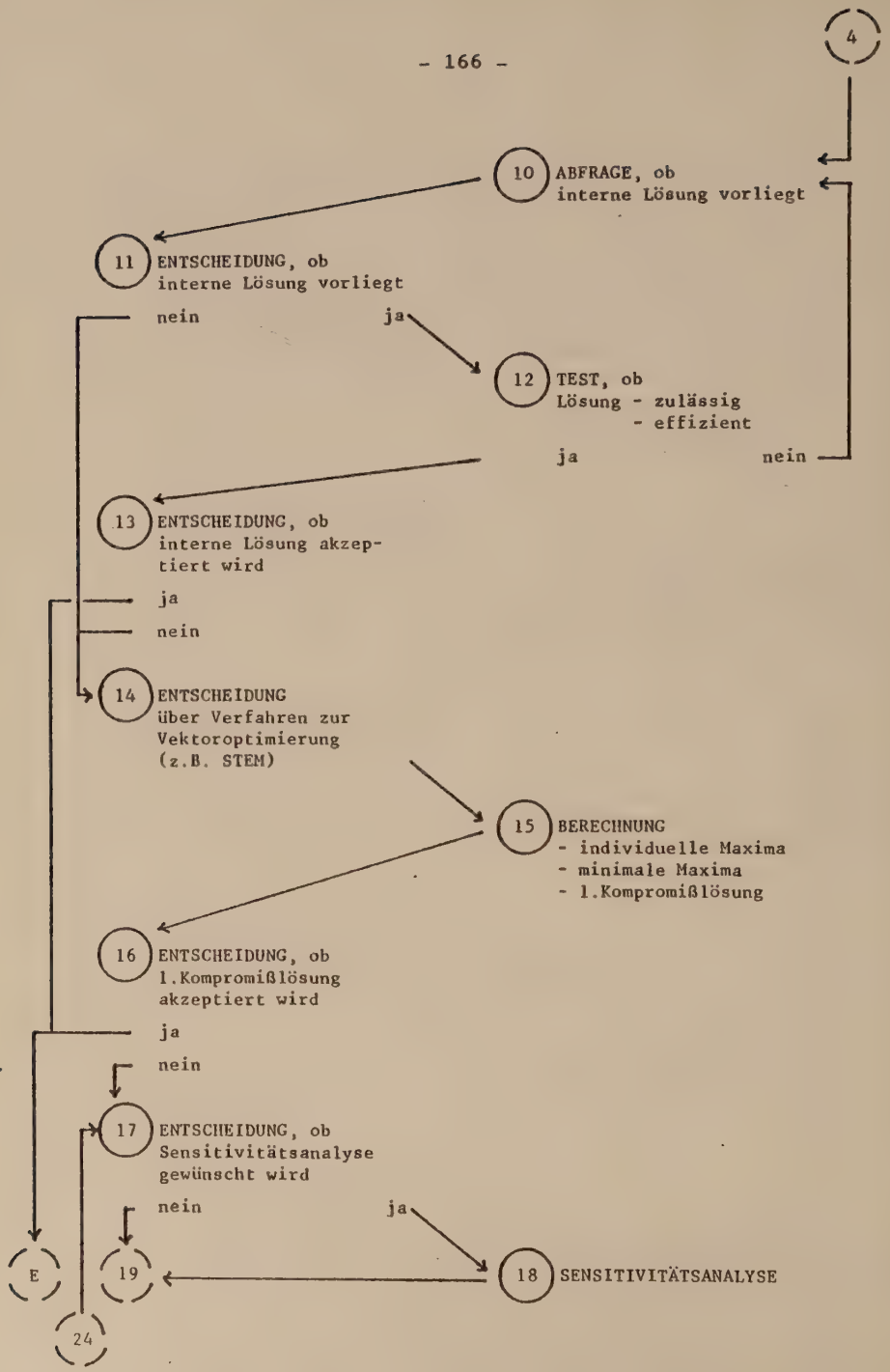
---

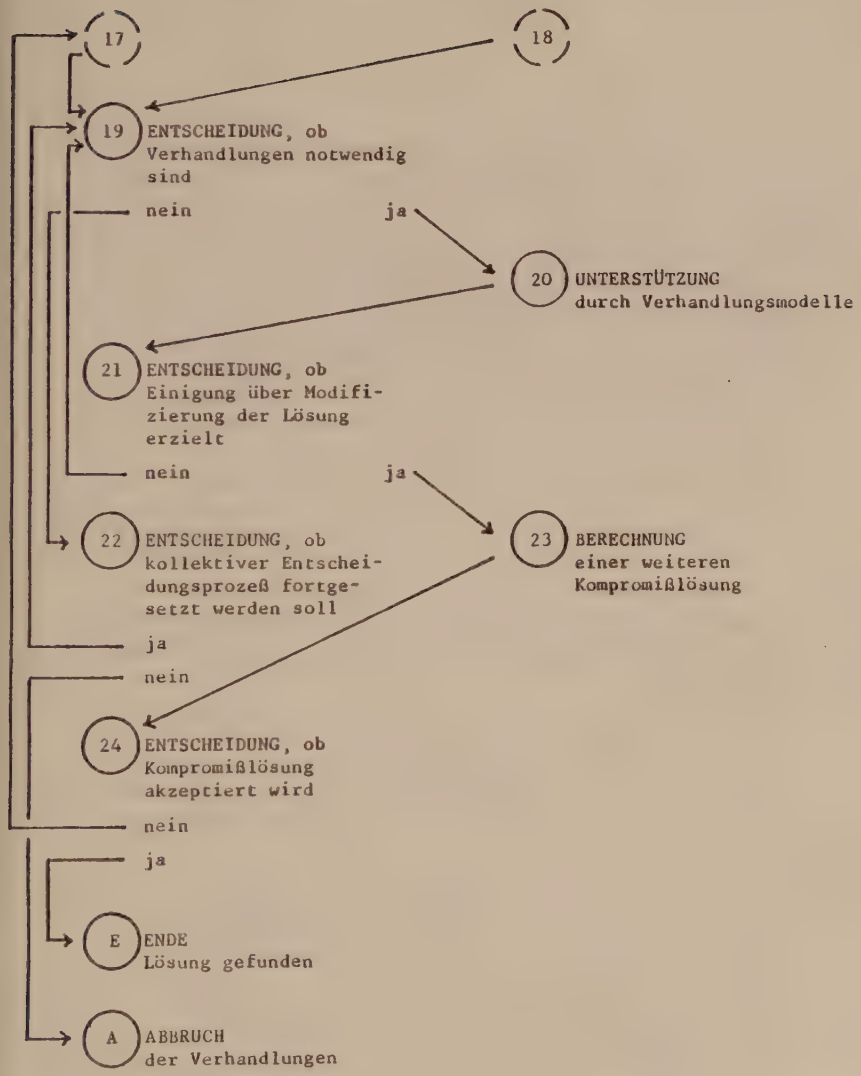
1) Solange zum Beispiel Arbeitgeber und Arbeitnehmer in Tarifverhandlungen ausschließlich über Löhne verhandeln, erscheint eine Validation der Effizienz einer angestrebten Kompromißlösung noch relativ einfach. Bei mehrdimensionalen Verhandlungen, zum Beispiel über Lohn, Urlaub, Ausbildung und Arbeitsplatzgestaltung usw. ist es für die Verhandlungsführer weitgehend unmöglich, ohne Unterstützung durch interaktive Rechenprogramme zu Paretooptimalen Verhandlungsabschlüssen zu kommen.

6.3. Ablaufdiagramm des integrierten Entscheidungssystems

6.3.1. Der formale Ablauf des Mensch-Maschine-Dialogs




4
10 ABFRAGE, ob interne Lösung vorliegt
11 ENTSCHEIDUNG, ob interne Lösung vorliegt
nein
ja
12 TEST, ob Lösung - zulässig - effizient
ja
nein
13 ENTSCHEIDUNG, ob interne Lösung akzeptiert wird
ja
nein
14 ENTSCHEIDUNG über Verfahren zur Vektoroptimierung (z.B. STEM)
15 BERECHNUNG - individuelle Maxima - minimale Maxima - 1.Kompromißlösung
16 ENTSCHEIDUNG, ob 1.Kompromißlösung akzeptiert wird
ja
nein
17 ENTSCHEIDUNG, ob Sensitivitätsanalyse gewünscht wird
nein
ja
E
19
18 SENSITIVITÄTSANALYSE
24


17
18
19 ENTSCHEIDUNG, ob Verhandlungen notwendig sind
nein
ja
20 UNTERSTÜTZUNG durch Verhandlungsmodelle
21 ENTSCHEIDUNG, ob Einigung über Modifizierung der Lösung erzielt
nein
ja
22 ENTSCHEIDUNG, ob kollektiver Entscheidungsprozeß fortgesetzt werden soll
23 BERECHNUNG einer weiteren Kompromißlösung
ja
nein
24 ENTSCHEIDUNG, ob Kompromißlösung akzeptiert wird
nein
ja
E ENDE Lösung gefunden
A ABBRUCH der Verhandlungen

6.3.2. Die Aktivitäten im Mensch-Maschine-Dialog des integrierten Entscheidungssystems

(1) Die Entscheidungsträger entscheiden darüber, ob und in welchem Ausmaß eine Präferenzaggregation bei der Formulierung von Zielen und zielabhängigen Restriktionen erwünscht ist. Ein solcher Wunsch kann außerdem an jeder Stelle des Entscheidungsprogramms geäußert und dem Rechenprogramm mitgeteilt werden.

(2) Das Rechenprogramm nimmt eine Präferenzaggregation vor. Dazu werden von den Entscheidungsträgern die individuellen Präferenzordnungen erfragt. Außerdem haben die Entscheidungsträger die Aggregationsregel zu bestimmen, nach der das Rechenprogramm die Aggregation vornehmen soll (zum Beispiel Abstimmung per einfacher Mehrheit).
Die Präferenzaggregation erfolgt kardinal unter Berücksichtigung von Präferenzintensitäten. Sind diese nicht bekannt, so werden sie durch einen Mensch-Maschine-Dialog erfragt (zum Beispiel durch die Bestimmung von Austauschraten).
Beim Auftreten von intransitiven Kollektivpräferenzen erfragt das Rechenprogramm von den Entscheidungsträgern, ob und in welcher Höhe eine Toleranzgrenze zur Manipulation der Aggregation eingeräumt wird, um die Intransitivität zu beseitigen. Ist auf diese Weise keine transitive Präferenzordnung zu erreichen, haben die Entscheidungsträger durch Wahl einer anderen Aggregationsregel zu prüfen, inwieweit die Intransitivität zu vermeiden ist.

(3) Die Entscheidungsträger formulieren ein Rechenmodell als Abbildung des anstehenden Entscheidungsproblems. Ihre Zielvorstellungen finden ihren Niederschlag in Zielfunktionen und zielabhängigen Restriktionen, deren Daten in das Rechenprogramm eingegeben werden. Hinzu treten die zielunabhängigen Restriktionen (extern vorgegebene ökonomische, technologische Schranken usw.) in Form von Gleichungen und Ungleichungen.
Das Entscheidungsproblem hat somit die Form

" Maximiere " $\{ C x \mid A x \leq b ; x \geq 0 \}$

(4) Das Rechenprogramm überprüft, ob zur Lösung des Rechenmodells die vorhandene Rechenkapazität ausreicht und ob die Menge aller zulässigen Lösungen nichtleer ist. Wenn das nicht der Fall ist, werden die Entscheidungsträger aufgefordert, ihr System von Zielfunktionen und Restriktionen entsprechend zu ändern. Zu diesem Zweck werden vom Rechenprogramm diejenigen Restriktionen und Zielfunktionen ausgedruckt, bei denen eine Modifizierung am wirkungsvollsten ist hinsichtlich der Bildung einer nichtleeren Lösungsmenge und bezüglich der vorhandenen Rechenkapazität.
Ebenso teilt das Programm den Entscheidungsträgern mit, welche Restriktionen gegebenenfalls den zulässigen Lösungsraum in erheblichem Maße einschränken und welche zielabhängigen Restriktionen redundant sind.

(5) Die Entscheidungsträger versuchen, interpersonelle Divergenzen in Zielfunktionen und Restriktionen abzubauen.

Das Ausmaß des angestrebten Divergenzabbaus wird dabei weitgehend von den zuvor vom Rechenprogramm gelieferten Daten zur Erreichung von nichtleerer Lösungsmenge und kapazitätskonformem Rechenumfang bestimmt.
Von einem interpersonellen Divergenzabbau sind in erster Linie zielabhängige Restriktionen betroffen. Auch Restriktionen mit besonders stark einschränkender Wirkung auf die Menge der zulässigen Lösungen sind hierbei von Bedeutung, wie auch redundante zielabhängige Restriktionen für die betreffenden Entscheidungsträger von besonderem Interesse sind.

(6) Das Rechenprogramm unterstützt die Entscheidungsträger, indem es alternative Möglichkeiten für einen interpersonellen Divergenzabbau und die für die betreffenden Entscheidungsträger damit verbundenen - eventuell geschätzten - Kosten errechnet. In einem Dialog mit dem Rechner kann jeder Entscheidungsträger alternative Modifikationen seiner Ziele und deren Auswirkungen erfragen.

(7) Die Entscheidungsträger stellen fest, ob der interpersonelle Divergenzabbau Verhandlungen zwischen den Parteien notwendig macht und ob dabei eine Unterstützung durch das Rechenprogramm gewünscht wird.

(8) Das Rechenprogramm bietet den Entscheidungsträgern verschiedene mathematische Methoden zur Unterstützung ihrer Verhandlungen an.
Dazu erhält das Programm von den Verhandlungsparteien alle verfügbaren Daten, vor allem über die Zahl der Verhandlungspartner, Nichteinigungsvektoren, Drohmöglichkeiten, Präferenzen usw.
Außerdem verlangt das Programm von den betreffenden Entscheidungsträgern Angaben darüber, ob Verfahren mit

Einsatz eines Schiedsrichters, ob Verhandlungszeitbeschränkung o. ä. gewünscht werden. Im Gegenzug übermittelt der Rechner den Verhandlungsparteien die größtmögliche Menge relevanter Information über alle beteiligten Parteien. Auf Wunsch können zum Beispiel auch SHAPLEY-Werte errechnet werden, entweder um eine mögliche Lösung aufzuzeigen, oder um die Verhandlungsmacht einzelner Parteien zu messen.
Das Rechenprogramm errechnet im Dialog mit den Verhandlungsparteien alternative Lösungsmöglichkeiten, zum Beispiel mittels des Lösungsansatzes von NASH, wobei verschiedene Nichteinigungsvektoren alternativ zur Anwendung gelangen.

(9) Die Entscheidungsträger stellen fest, ob es im interpersonellen Divergenzabbau zu einer Einigung gekommen ist oder nicht. Ist keine Einigung erzielt worden, wird der Verhandlungsprozeß solange wiederholt, bis der Divergenzabbau das notwendige Ausmaß erreicht hat oder aber zu erkennen ist, daß eine Einigung auch bei weiteren Verhandlungen nicht möglich ist. Letztere Erkenntnis kann bereits zu einem Abbruch des gesamten Entscheidungsprozesses führen.

(10) Das Rechenprogramm erfragt von den Entscheidungsträgern, ob diese bereits eine interne Lösung des Entscheidungsproblems gefunden haben, d. h. zu einer Lösung ohne Anwendung mathematischer Lösungsverfahren gelangt sind.

(11) Die Entscheidungsträger überprüfen, ob aus ihrem Kreis bereits ein Lösungsvorschlag für das Vektormaximumproblem vorliegt, und geben diesen ggf. dem Rechenprogramm ein.

(12) Der Rechner testet die eingegebene Lösung auf Zulässigkeit und Effizienz. Nur wenn die Lösung sowohl zulässig

als auch effizient ist, wird sie den Entscheidungsträgern zur Entscheidung vorgelegt. Anderenfalls werden die Entscheidungsträger nach weiteren internen Lösungsvorschlägen gefragt.

(13) Die Entscheidungsträger entscheiden darüber, ob die als zulässig und effizient befundene Lösung bereits als Lösung des Vektormaximumproblems anerkannt werden kann und damit der Entscheidungsprozeß abgeschlossen ist.
Wenn das nicht der Fall ist, wird geprüft, ob weitere interne Lösungsvorschläge seitens der Entscheidungsträger vorliegen, und ggf. wird mit diesen in gleicher Weise verfahren.
Werden keine weiteren Lösungen zur Überprüfung von den Entscheidungsträgern eingebracht, so treten die Entscheidungsträger in den Entscheidungsprozeß ein, mittels mathematischer Verfahren zu einer Kompromißlösung zu gelangen.

(14) Die Entscheidungsträger wählen das im weiteren Entscheidungsprozeß anzuwendende Verfahren zur Lösung des Vektormaximumproblems (z . B. STEM, GEOFFRION-Verfahren, Goal Programming usw.). Damit sind sie jedoch nicht für den gesamten Entscheidungsablauf auf das gewählte Verfahren festgelegt, sondern sie können jederzeit auf ein anderes, im Betriebssystem des Rechners verfügbares Verfahren zurückgreifen.[1)]

---

1) Bei Anwendung des STEM-Verfahrens erscheint es sinnvoll, insbesondere die bereits in Abschnitt 2.4.2. erwähnte Modifikation vorzunehmen, eine Zielfunktion mehrmals für eine Verringerung des Funktionswertes zuzulassen. Außerdem sollten dabei nicht nur eigene Konzessionen Berücksichtigung finden, sondern -zumindest als Sensitivitätsanalyse-, auch Forderungen der Gegenparteien, die die eigenen Ziele betreffen.

(15) Das Rechenprogramm berechnet für jede Zielfunktion isoliert von anderen Zielfunktionen das individuelle Optimum ; und dazu den minimalen Zielfunktionswert, der unter Berücksichtigung der individuellen Optima der anderen Zielfunktionen im ungünstigsten Falle maximal zu erreichen ist. Diese Werte werden zur Information der Entscheidungsträger ausgedruckt. Außerdem wird bereits eine erste Kompromißlösung vom Programm errechnet und den Entscheidungsträgern zur Begutachtung vorgelegt. Abhängig vom jeweils gewählten Lösungsverfahren werden die Entscheidungsträger aufgefordert, ihre Präferenzen bzw. Änderungswünsche zu artikulieren.

(16) Wird die erste Kompromißlösung von den Entscheidungsträgern als Lösung des Vektormaximumproblems akzeptiert, so ist das Entscheidungsproblem gelöst.

(17) Ist das nicht der Fall, entscheiden die Entscheidungsträger darüber, ob sie zur Festlegung der Ausgangsdaten für die Berechnung einer weiteren Kompromißlösung die Durchführung einer Sensitivitätsanalyse vom Rechenprogramm wünschen.

(18) Der Rechner führt eine Sensitivitätsanalyse durch, bei der alternativen Entscheidungen der Entscheidungsträger (z. B. über Austauschraten oder Zielfunktionswertänderungen) die entsprechenden Auswirkungen auf eine neu zu generierende Kompromißlösung gegenübergestellt werden.
Diese Daten werden ausgedruckt und auf Wunsch auch grafisch dargestellt. Sie dienen den Entscheidungsträgern als Entscheidungsgrundlage dafür, inwiefern sich eine neue Kompromißlösung von der bereits vorliegenden unterscheiden soll.

(19) Die Entscheidungsträger stellen fest, ob sie zur Modifizierung der vorliegenden Kompromißlösung eine Unterstützung durch den Rechner mittels eines Verhandlungsmodells anfordern wollen.

(20) Der Rechner bietet wie in (8) unterstützende Informationen und Verhandlungsmodelle an, die den Entscheidungsträgern dazu dienen, ihre interpersonellen Verhandlungen über zum Beispiel wechselseitige Modifizierungen der angestrebten Zielfunktionswerte beim STEM-Verfahren zu beschleunigen. Auch kann an dieser Stelle eine Präferenzaggregation wie in (2) angeboten werden.

(21) Die Entscheidungsträger stellen fest, ob es zu einer Einigung über die Modifizierung der vorliegenden Kompromißlösung gekommen ist oder nicht. Wenn nicht, so wird die Verhandlungsprozedur bis zu einer Einigung wiederholt.
Hat man sich geeinigt, so werden die Daten zur Modifizierung der Lösung gemäß den Erfordernissen des angewendeten Lösungsverfahrens (z. B. STEM) in den Rechner eingegeben.

(22) Kommt es trotz wiederholter Verhandlungen nicht zu einer Einigung über eine Modifizierung der vorliegenden Kompromißlösung, so muß geprüft werden, ob diese Lösung schließlich doch als Lösung des Vektormaximumproblems akzeptiert wird oder ob die Entscheidungsprozedur ergebnislos abgebrochen werden muß.

(23) Das Rechenprogramm berechnet gemäß den Modifizierungsangaben der Entscheidungsträger und dem angewendeten Lösungsverfahren eine weitere Kompromißlösung und legt diese den Entscheidungsträgern zur Begutachtung vor.

(24) Die Entscheidungsträger stellen fest, ob die neue Kompromißlösung als Lösung des Vektormaximumproblems akzeptiert wird. Damit wäre die Entscheidungsprozedur beendet.
Wird die Lösung nicht akzeptiert, wird der Vorgang von (17) bis (24) wiederholt, bis eine Lösung von den Entscheidungsträgern angenommen oder aber festgestellt wird, daß eine für die Entscheidungsträger akzeptable Lösung des Vektormaximumproblems nicht existiert. Wenn von den Entscheidungsträgern gewünscht, kann die Lösungsprozedur auch mit einem anderen Verfahren (z. B. nach GEOFFRION) wiederholt werden, bis eine Lösung gefunden ist.

6.4. Anwendungsbeispiel

Ein Unternehmen, das sich zu einem großen Teil in staatlichem Besitz befindet, produzierte bislang sein Produkt in Handarbeit. Jetzt steht es vor der Entscheidung, mehrere Produktionsautomaten anzuschaffen, die etwa 80 % der Arbeitskräfte einsparen. Dadurch könnte der Deckungsbeitrag des Produktes vervierfacht werden.

Das Bekanntwerden des Planes der Unternehmensleitung, die Produktion auf Automaten umzustellen, löst unter der Belegschaft erhebliche Unruhe aus. Die Gewerkschaft fordert die Erhaltung aller Arbeitsplätze auch bei Produktionsumstellung. Um ihren Forderungen Nachdruck zu verleihen, sind die Arbeitnehmer in einen unbefristeten Streik getreten.

Auch in den umliegenden drei Gemeinden hat das Vorhaben des Unternehmens heftige Kontroversen ausgelöst. Die geplante neue Produktionsmethode würde zwar die vorhandene Infrastruktur entlasten und zudem noch höhere Steuereinnahmen erbringen. Andererseits jedoch fürchten die Gemeinden die mit den neuen Anlagen verbundene Luftverschmutzung und das drohende Ansteigen der Arbeitslosigkeit. Es wird von den Gemeinderäten auch der Plan erwogen, das Unternehmen ganz aus der unmittelbaren Nähe der Gemeinden auszusiedeln und auf dem freiwerdenden Gelände ein gemeinsames Freizeitzentrum zu errichten.

In getrennten Sitzungen haben die drei Gemeinderäte über ihr weiteres Vorgehen abgestimmt. Dabei ergibt sich, daß zwei Gemeinden eine Aussiedlung des Unternehmens wünschen, während die dritte betroffene Gemeinde die Beibehaltung der arbeitsintensiven Produktionsmethode fordert.

Sowohl für Arbeitnehmer als auch für die Anteilseigner

ist eine Aussiedlung mit beträchtlichen Nachteilen verbunden und wird somit strikt abgelehnt.

Die ausweglos erscheinende Lage wird durch den andauernden Streik noch verschärft.

In dieser Situation unterbreiten die staatlichen Anteilseigner den Vorschlag, eine Kommission zu bilden, in der alle betroffenen Parteien vertreten sind, und die in einer computergestützten Verhandlung einen Kompromiß erarbeiten soll.

Mit den anderen Beteiligten einigt man sich auf eine solche Kommission, in der die drei Gemeinden, die Unternehmenseigner sowie die Gewerkschaft vertreten sind. Die Verhandlung soll in einem Dialog mit dem an der unternehmenseigenen Rechenanlage implementierten Entscheidungssystem erfolgen. Nur einstimmig erfolgte Beschlüsse sollen Gültigkeit haben.

In einem ersten Dialog werden die Entscheidungsträger gefragt, ob sie bei der Eingabe von Zieldaten eine Berücksichtigung von Präferenzintensitäten wünschen. Das wird von der Kommission befürwortet, und so wird unter anderem die Forderung der Gemeinden näher untersucht, das Unternehmen auf einen anderen Standort auszusiedeln.

Die Gemeinderäte von A-Ort, B-Ort und C-Ort umfassen gemäß den Einwohnerzahlen 71, 39 bzw. 43 Mitglieder.

Zur Abstimmung hatten die drei Alternativen gestanden :

- Automatisierte Produktionsmethode
- Handwerkliche Produktionsmethode
- Standortverlegung

Über diese wurden unabhängig voneinander je Gemeinde die folgenden Präferenzordnungen erstellt:

	Abstimmungsergebnisse		
Abstimmung über :	A-Ort	B-Ort	C-Ort
automatische Produktion / manuelle Produktion	43:28	2o:19	4 :39
manuelle Produktion / Standortverlegung	21:5O	17:22	41:2
automatische Produktion / Standortverlegung	29:42	18:21	34:9

Daraus resultiert die Rangordnung :

	R a n g		
Alternative	A-Ort	B-Ort	C-Ort
Automat. Produktion	2.	2.	2.
Manuelle Produktion	3.	3.	1.
Standortverlegung	1.	1.	3.

In einer Abstimmung zwischen den drei Gemeinderatspräsidenten war sodann per einfacher Mehrheit eine gemeinsame Präferenzordnung aufgestellt worden :

1. Präferenz : Standortverlegung
2. Präferenz : Automatische Produktion
3. Präferenz : Manuelle Produktion

Diese rein ordinale Aggregation hatte zu der Forderung nach einer Verlegung des Standortes geführt, die im starken Kon-

flikt mit den Zielen von Arbeitnehmern und Anteilseignern steht.

Eine vom Rechnerprogramm durchgeführte kardinale Präferenzaggregation unter Berücksichtigung der Präferenzintensitäten kommt jetzt zu folgender Präferenzordnung :

Es präferieren

a) Die automatische Produktion am Ort vor einer Standortverlegung : 29 + 18 + 34 = 81 Stimmen gegen 72 Stimmen.

b) Die manuelle Produktion vor einer automatischen Produktion am Ort : 28+19 + 39 = 86 Stimmen gegen 67 Stimmen.

c) Die manuelle Produktion vor einem Standortwechsel : 21 + 17 + 41 = 79 Stimmen gegen 74 Stimmen.

Daraus ergibt sich als Präferenzordnung:

1. Präferenz : Manuelle Produktion am Ort
2. Präferenz : Automatische Produktion am Ort
3. Präferenz : Standortverlegung

Die kardinale Präferenzaggregation ergibt somit eine andere Präferenzordnung als die ordinal durchgeführte Aggregation.

Sie wird von den Vertretern der drei Gemeinden akzeptiert, da die Präferenzordnung per kardinaler Aggregation im Gegensatz zu der durch ordinale Präferenzaggregation gewonnene Ordnung rechnerisch die Mehrheit aller 153 Mitglieder der drei Gemeinderäte findet.

Die Gemeindevertreter geben ihre Ziele mit den der aggregierten Präferenzordnung entsprechenden Gewichtungen in das Rechnerprogramm ein.

Ebenso formulieren die Interessenvertreter von Arbeitgebern und Arbeitnehmern ihre Ziele in Form von Zielfunktionen und zielabhängigen Restriktionen. So gehen 1o Zielfunktionen und 21 zielabhängige Restriktionen in das Modell ein. Außerdem werden alle relevanten zielunabhängigen Restriktionen hinsichtlich ökonomischer und technischer Grenzen wie Absatzhöchstmengen, Produktionskapazitäten, Energieressourcen usw. in das Rechnerprogramm eingegeben, insgesamt 11o Nebenbedingungen.

Eine Überprüfung des von den Entscheidungsträgern aufgestellten Entscheidungsmodells durch das Rechnerprogramm ergibt, daß die vorhandene Rechenkapazität nicht ausreicht, das umfangreiche Entscheidungsproblem zu lösen.

Der Rechner druckt alle Zielfunktionen und Restriktionen des Modells aus und fordert die Kommissionsmitglieder auf, in einem interpersonellen Divergenzabbau das Rechenmodell einzuschränken.

Für dazu notwendige Verhandlungen wird vom Programm eine Unterstützung nach dem NASH-Verfahren angeboten.

Jedoch können sich die Entscheidungsträger ohne eine solche Unterstützung auf eine Reduzierung des Modells einigen.

So bieten die Arbeitnehmervertreter an, ihre einseitige Fixierung auf die arbeitsintensive herkömmliche Produktionsmethode aufzugeben und auch die neue Produktionsmethode - mit einer entsprechend geringeren Gewichtung - in ihren Zielfunktionen zu berücksichtigen, wenn die Vertreter der Gemeinden dazu bereit sind, die Alternative einer Standortverlegung vollkommen aus dem Modell zu eliminieren.

Die beiden Parteien einigen sich auf dieses Vorgehen, zumal die kardinale Präferenzaggregation dem Standortwechsel ohne-

hin einen geringeren Stellenwert zugeordnet hatte.

Die betreffende Zielfunktion der Arbeitnehmer lautet in revidierter Fassung

$$\text{Maximiere} \quad (1\, x_a + 6\, x_m)$$

wobei x_a und x_m die Produktionsmengen in automatischer bzw. manueller Fertigungsweise bezeichnen und die Koeffizienten 1 und 6 angeben, daß die Herstellung eines Produktes in herkömmlicher Weise sechsmal soviel Arbeitskräfte benötigt wie die Benutzung von Automaten.

Im Gegenzug beschränken sich die Kommunalvertreter auf die Zielfunktion

$$\text{Maximiere} \quad (0{,}44\, x_a + 0{,}56\, x_m) \,,$$

in der die Gewichtung der Alternativen gemäß den Präferenzintensitäten vorgenommen wird. [1)]

Auf diese Weise verringert sich die Zahl der Zielfunktionen auf 9.

Eine Überprüfung des nunmehr eingeschränkten Modells durch das Rechenprogramm ergibt, daß die Lösungsmenge leer ist.

Es werden zwei dafür verantwortliche Restriktionen ausgedruckt mit der Aufforderung, die beiden betreffenden Parteien sollten die von ihnen formulierten Restriktionen revidieren.

---

1) Bei kardinaler Präferenzaggregation geben 86/153 = 56% der Gemeinderatsmitglieder der manuellen Produktionsweise den Vorzug, während 44% die maschinelle vorziehen. Diese Gewichtung ist zwar nicht problemfrei, weil ein stärkeres Gewicht nicht auch zwangsläufig eine vorrangige Berücksichtigung der entsprechenden Alternative bewirken muß, was in diesem Beispiel aber von untergeordneter Bedeutung ist.

Dabei handelt es sich um zielabhängige Restriktionen, nämlich um die Beschränkung der zukünftigen Arbeitnehmerzahl durch die Arbeitgeber und um die Forderung der Gewerkschaftsfunktionäre, die Zahl der vorhandenen Arbeitsplätze nicht zu verringern.

Die Arbeitgeber streben an, zukünftig maximal 45o Arbeitskräfte zu beschäftigen, während die Gewerkschaft verlangt, alle 8oo Arbeitsplätze zu erhalten, die bislang vorhanden waren. Die entsprechenden Nebenbedingungen lauten:

$$x_a + 6\, x_m \leqq 450$$

$$x_a + 6\, x_m \geqq 800$$

Sowohl Arbeitgeber als auch Arbeitnehmer geben zu verstehen, daß sie nicht geneigt sind, in ihren Forderungen wesentliche Zugeständnisse zu machen.

Auf eine entsprechende Anfrage gibt der Rechner die Information, daß eine nichtleere Lösungsmenge erst dann gewährleistet sei,wenn beide Restriktionen den gleichen Begrenzungsvektor hätten:

$$x_a + 6\, x_m \leqq A$$

$$x_a + 6\, x_m \geqq A$$

Alternativ dazu wird die Möglichkeit aufgezeigt, die Restriktionen durch Koeffizientenänderungen zu modifizieren, so zum Beispiel die Produktionsautomaten mit mehr Arbeitskräften zu besetzen.

Letztere Alternative wird von den Arbeitgebern abgelehnt. Sie erfragen vom Rechner die Kosten für zusätzliche Arbeits-

plätze.

Als die Gewerkschaft ein Zugeständnis von 100 Arbeitsplätzen macht , erklären sich auch die Arbeitgeber bereit, ihre Restriktion um 100 Arbeitsplätze zu lockern.

Da diese Konzessionen nicht ausreichen, einen nichtleeren Lösungsraum zu schaffen, beide Parteien aber auch nicht zu weiteren Zugeständnissen bereit sind, wird eine Verhandlungsunterstützung durch den Computer erbeten.

Unter den vom Rechner alternativ angebotenen Hilfen wird von den beiden Parteien ein Lösungsversuch per "Restricted Bargaining" angestrebt. Als Schiedsrichter wird die dritte Partei, die Gemeindevertreter, erwählt, und es wird ein Zeitlimit von einer Stunde festgelegt.

In ihrer Funktion als Schiedsrichter drohen die Vertreter der Kommunen damit, im Falle der Nichteinigung den Auftrag der Kommission insgesamt für unausführbar zu erklären, sich aus den weiteren Verhandlungen zurückzuziehen und dann doch eine Aussiedlung des Unternehmens zu erwägen.

Unter dem Druck dieser Drohung können sich Arbeitgeber und Gewerkschaft nach einiger Verhandlungsdauer dazu bereitfinden, ihre Forderungen um weitere 70 bzw. 80 Arbeitsplätze zurückzunehmen. Damit ist zwar eine nichtleere Lösungsmenge gesichert, aber kein Spielraum für weitere Alternativen gegeben. Beide Restriktionen sind numerisch identisch, und damit determiniert die Lösungsmenge nur eine einzige Lösung, die zudem nicht von den Gemeinden akzeptiert wird.

Um dennoch im Entscheidungsprozeß voranzukommen, läßt man sich vom Rechnerprogramm die inividuellen Optima der einzelnen Zielfunktionen ohne Berücksichtigung der strittigen Re-

striktionen zur Arbeitsplatzzahl ausdrucken.

So ergeben sich zum Beispiel für die drei Parteien unter anderen folgende optimale Lösungsvektoren:

a) Für die Gewerkschaft : (x_m = 11000 Stck./Monat)
(x_a = 3000 Stck./Monat)

b) Für die Arbeitgeber: (x_m = 4000 Stck./Monat)
(x_a = 13000 Stck./Monat)

c) Für die Gemeinden : (x_m = 9000 Stck./Monat)
(x_a = 9000 Stck./Monat)

Damit würden die Arbeitnehmer 690 Arbeitsplätze[1], die Anteilseigner eine optimale Deckungsbeitragssumme[2] von DM 5,6 Mio. pro Monat (bei 370 Arbeitskräften) und die Kommunen eine hälftige Aufteilung von herkömmlicher Produktion und Automatisierung (bei 630 Arbeitsplätzen) erreichen.

Ein gleichzeitiges Erreichen aller individuellen Maxima ist jedoch nicht möglich.

Um die zulässige Lösungsmenge nicht durch die Arbeitsplatzrestriktionen von Arbeitnehmern und Arbeitgebern einzuschränken, müßten die Gewerkschaftsvertreter ihre Forderung auf 370 Arbeitsplätze senken und die Anteilseigner ihr Angebot auf 690 Arbeitskräfte erhöhen.

Der Schiedsrichterpartei gelingt es wenige Minuten vor Ab-

---

1) In handwerklicher Produktion werden je 100 Stck. Monatsproduktion 6 Arbeitskräfte benötigt, bei Verwendung von Automaten 1 Arbeitskraft.

2) Nach herkömmlicher Produktionsweise erbringt jede Produkteinheit einen Deckungsbeitrag von DM 100, bei maschineller Produktion DM 400.

lauf der verfügbaren Verhandlungszeit, durch Zusicherung von Steuererleichterungen einerseits und öffentlichen Arbeitsbeschaffungsprogrammen andererseits Arbeitgeber und Gewerkschaft zur Einigung darauf zu bewegen, schließlich folgende Restriktionen in das Rechnerprogramm einzugeben:

$$x_a + 6\, x_m \leq 690$$

$$x_a + 6\, x_m \geq 370$$

Nach diesem interpersonellen Divergenzabbau überprüft der Rechner abschließend nochmals, ob jetzt das Entscheidungsmodell die Rechenkapazität nicht übersteigt und die Menge zulässiger Lösungen nichtleer ist. Die Überprüfung ist positiv und die Suche nach einer Kompromißlösung kann beginnen.

Arbeitnehmervertreter und Gemeindevertreter haben jeweils einen Einigungsvorschlag vorbereitet in die Kommissionssitzung mitgebracht und geben ihre Daten in den Rechner ein, um ihre Lösungsvorschläge auf Zulässigkeit und Effizienz überprüfen zu lassen.

Der von der Gewerkschaft vorgeschlagene Kompromiß, die monatliche Produktion in 5000 maschinell gefertigte Stücke und 9000 Stück in Handfertigung aufzuteilen, wird als zulässig, aber nicht effizient zurückgewiesen.

Der Einigungsvorschlag der Kommunen, 11000 Stück per Automaten und 8000 Stück per Hand fertigen zu lassen, erweist sich als unzulässig, weil er außerhalb der Menge zulässiger Lösungen liegt.

Da kein weiterer interner Lösungsvorschlag vorliegt, beginnt jetzt die computergestützte Suche nach einer akzeptablen Kom-

promißlösung. Die Kommission entscheidet sich, dafür das STEM-Verfahren anzuwenden, zumal das zu lösende Vektormaximumproblem rein linearer Natur ist.

Das Rechnerprogramm berechnet zur Information der Entscheidungsträger eine Pay-off-Tabelle , die die individuellen Maxima sowie die im ungünstigsten Falle zur erwartenden maximalen Zielfunktionswerte enthält, und druckt dieses aus (für drei Zielfunktionen seien die Daten exemplarisch hier dargestellt) :

Lfd.Nr.	Zielfunktion	von	individ. Maximum	minimal. Maximum	Dimension
1	max $x_a + 6x_m$	Arbeitnehmer	690	370	Arbeitsplätze
:	:	:	:	:	:
5	max $4x_a + x_m$	Arbeitgeber	5,60 Mio.	2,30 Mio.	DM Deckungsbeitrag
:	:	:	:	:	:
9	max $0,44x_a + 0,56x_m$	Gemeinden	9.000 9.000	3.000 11.000	Stck.masch. Stck.man.

Außerdem wird die erste vom Computer errechnete Kompromißlösung ausgedruckt:[1)]

1) Aus Gründen der Vereinfachung werden in der nachfolgenden Fortführung des Beispiels jeweils nur die Resultate für drei der neun Zielfunktionen numerisch dargestellt. Diese Darstellungsform ist quasi als "Ausschnittsvergrößerung" aus einem komplexeren linearen Programm zu verstehen, die der Verdeutlichung des Kompromißfindungsprozesses dient.

1.Lösung			
	Z I E L F U N K T I O N		
Lfd.Nr.	von	Wert	Dimension
1	Arbeitnehmer	500	Arbeitsplätze
⋮	⋮	⋮	⋮
5	Arbeitgeber	5,05 Mio.	DM Deckungsbeitrag
⋮	⋮	⋮	⋮
9	Gemeinden	11.000 6.500	Stck.maschinell Stck.manuell

Der Gewerkschaft ist die Zahl der Arbeitsplätze zu gering, und die Gemeinden befürchten bei 11 000 Stck. maschinell hergestellten Produkteinheiten eine zu große Umweltbelastung. Daher wird diese Lösung als nicht annehmbar verworfen. Das Rechenprogramm führt nun hinsichtlich der vorgelegten Lösung eine Sensitivitätsanalyse durch und druckt jeweils für verschiedene Entscheidungsalternativen die entsprechenden Zielfunktionswerte aus.

Daraufhin fordern die Arbeitnehmer Arbeit für 660 Arbeiter. Aus dieser Forderung resultiert die vom Rechner ausgeworfene zweite Kompromißlösung:

2.Lösung			
	Z I E L F U N K T I O N		
Lfd.Nr.	von	Wert	Dimension
1	Arbeitnehmer	660	Arbeitsplätze
⋮	⋮	⋮	⋮
5	Arbeitgeber	3,40 Mio.	DM Deckungsbeitrag
⋮	⋮	⋮	⋮
9	Gemeinden	6.000 10.000	Stck.maschinell Stck.manuell

Diese Lösung wird von den Arbeitgebern nicht als befriedigend akzeptiert. Die Gemeinden sehen bei Annahme dieser Lösung zu geringe Steuereinnahmen für sich und fordern deshalb eine monatliche Produktion von 10 000 Produkteinheiten durch automatische Fertigung.

Das Rechnerprogramm berücksichtigt diese Forderung und unterbreitet eine weitere Lösung:

3.Lösung			
		Z I E L F U N K T I O N	
Lfd.Nr.	von	Wert	Dimension
1	Arbeitnehmer	565	Arbeitsplätze
:	:	:	:
5	Arbeitgeber	4,775 Mio.	DM Deckungsbeitrag
:	:	:	:
9	Gemeinden	10.000 7.750	Stck.maschinell Stck.manuell

Dieses Ergebnis erscheint den Arbeitgebern akzeptabel und sie plädieren dafür, diese Lösung als endgültig zu betrachten.

Die Gewerkschaft droht damit, die Kommission zu verlassen und ihre Mitglieder aufzurufen, den Streik fortzusetzen, wenn nicht mindestens 648 Arbeitsplätze gesichert sind.

Die Arbeitnehmer kalkulieren daraus für sich einen monatlichen Deckungsbeitrag von 3,84 Mio. DM. Sie halten diese Summe für zu gering. Um einen Abbruch der Lösungsprozedur zu verhindern, entschließen sie sich, mit den Vertretern

der Gewerkschaft in eine gesonderte Verhandlung darüber zu treten, inwiefern die zuletzt vom Rechnerprogramm ausgegebene Lösung modifiziert werden kann, um beide Seiten zufriedenzustellen.

Es wird die Unterstützung durch den Rechner angefordert. Das Rechenprogramm erbittet die Eingabe entsprechender Daten und bietet an, Verhandlungsergebnisse gemäß dem NASH-Konzept zu errechnen.

Sowohl Arbeitgeber als auch Gewerkschaftler geben relevante Daten wie Kosten für Produktionsausfall, Streik usw. bei Nichteinigung sowie den für jede Seite maximal zu erwartenden Nutzen bei Einigung ein.

Die Berechnung des NASH-Produktes führt zu folgender Lösung :

- 9100 Produkteinheiten in manueller Fertigung
- 8700 Produkteinheiten in maschineller Fertigung

Diese Lösung wird nur von den Arbeitgebern akzeptiert, nicht aber von der Arbeitnehmerseite.

In einer internen Beratung kommen die Arbeitgeber zu dem Schluß, daß die Gewerkschaft in einer starken Verhandlungsposition sei und man selbst die eigenen Kosten bei Nichteinigung zu gering eingeschätzt habe.

Es werden von den Arbeitgebern neue Daten für den Nichteinigungsvektor in das Rechenprogramm eingegeben, worauf der Computer folgende NASH-Lösung vorschlägt :

- 9200 Produkteinheiten in manueller Fertigung
- 8400 Produkteinheiten in maschineller Fertigung

Die beiden verhandelnden Parteien können sich auf diese Lö-

sung einigen, welche nun dem Rechner zur Bestimmung einer weiteren Kompromißlösung nach dem STEM-Verfahren eingegeben wird.

Daraus errechnet das Programm folgende Lösung für das Entscheidungsproblem :

4.Lösung			
	Z I E L F U N K T I O N		
Lfd.Nr.	von	Wert	Dimension
1	Arbeitnehmer	636	Arbeitsplätze
:	:	:	:
5	Arbeitgeber	4,28 Mio	DM Deckungsbeitrag
:	:	:	:
9	Gemeinden	8.400 9.200	Stck.maschinell Stck.manuell

Diese Lösung wird von allen drei in der Kommission vertretenen Interessengruppen akzeptiert.

Das Unternehmen verbleibt also an seinem Standort und wird zukünftig etwa 48 % seiner Produktion auf Automaten umstellen.

Bei diesem Kompromiß erhalten die Arbeitgeber zwar nicht den vollen erwarteten Deckungsbeitrag, aber dafür verbleibt das Unternehmen am Ort, der Streik wird beendet, und der zukünftige Deckungsbeitrag wird immerhin beträchtlich über dem bisherigen liegen.

Der Gewerkschaft ist es zwar nicht gelungen, alle Arbeits-

plätze zu erhalten, dagegen sind jedoch weit mehr Arbeitsplätze gesichert, als nach den ursprünglichen Plänen der Unternehmensleitung zu erwarten waren. Außerdem kommt die Entscheidung, das Unternehmen am Ort zu belassen, den Vorstellungen der Arbeitnehmer entgegen.

Den Gemeinden schließlich ist es gelungen, ihre Präferenzen durchzusetzen. Die gefundene Lösung kommt dem individuellen Optimum der Gemeindevertreter am nächsten und sichert dadurch den Kommunen weitgehend den angestrebten Ausgleich zwischen Umweltschutz einerseits und Steuereinnahmen andererseits.

6.5. Grenzen einer automatisierten Entscheidungsfindung und zukünftige Forschungen

Ausgangspunkt für das hier entwickelte integrierte Entscheidungssystem war das Bestreben, die mathematischen Verfahren der Vektoroptimierung einzugliedern in eine übergeordnete Entscheidungsprozedur.

Der Versuch, so unterschiedliche Methoden der Entscheidungssfindung zu einem System zusammenzufügen, kann im Rahmen dieser Untersuchung nur oberflächlich bleiben. Der groben Systemformulierung müssen detaillierte Untersuchungen vor allem darüber folgen, wie die Entscheidungsträger zu einer nahtlosen Interaktion mit dem Rechenprogramm gelangen.

Solange eine Kommunikation mit dem Rechner nicht in einer allgemeinverständlichen Sprache möglich ist, sondern es dazu eines präzisen, technischen Vokabulars bedarf, solange wird es notwendig sein, zwischen Entscheidungsgremium und Rechenanlage Spezialisten einzusetzen, die hinsichtlich des anstehenden Entscheidungsproblems neutral sind und die Aufgabe haben, den Mensch-Maschine-Dialog zu organisieren.[1)]

Die enge Unterstützung eines Entscheidungsprozesses durch ein Rechenprogramm zur Datenverarbeitung und zur Entscheidungsoptimierung bewirkt für die Entscheidungsfindung eine Versachlichung, stärkeres rationales Handeln der Entscheidungsträger und eine weitgehende Konzentration auf das Wesentliche, verbunden mit einer schnellen und kostengünstigen Informationsbeschaffung und - verarbeitung.[2)]

---

1) Vgl. dazu u. a. BOWEN (1976), S. 162 ff.

2) Vgl. MERTENS (1970), S. 87 ff.

Dabei darf aber nicht übersehen werden,daß Entscheidungsträger im allgemeinen wenig geneigt sind, sich Entscheidungen von einem Computer abnehmen zu lassen. Daher ist bei der detaillierten Ausgestaltung des skizzierten Entscheidungssystems stets zu beachten, daß der Mensch im Mittelpunkt aller Entscheidungen steht und der letztendlich Entscheidende bleibt.

So sind zum Beispiel solche Verfahren zur Entscheidungsfindung, die durch bloße Eingabe von Daten "optimale" Lösungen bestimmen,[1)] dahingehend zu modifizieren, daß sie den Entscheidungsträgern verschiedene effiziente Alternativen vorlegen, aus denen diese dann in einem interaktiven Entscheidungsprozeß die endgültige Lösung herausfiltern. Denn eine Lösung kann nur dann optimal genannt werden, wenn sie von den Entscheidungsträgern selbst als eine solche angesehen wird.

Eine derartige Flexibilität, verbunden mit den genannten Sensitivitätsanalysen, kommt dabei nicht nur dem Faktor "Mensch" mit seinen Unzulänglichkeiten und instabilen Zielvorstellungen entgegen, sondern kann ein in der Entscheidungstheorie zentrales Problem wirkungsvoll entschärfen helfen: Nämlich die Kluft zwischen den theoretischen, modellhaften Ansprüchen und den begrenzten Fähigkeiten des Entscheidungsträgers "Mensch" zu überbrücken.

So liegen dem hier entwickelten integrierten Entscheidungssystem auch einige der Konzepte zugrunde, die zur Findung einer optimalen Entscheidung Voraussetzungen fordern, die in der Praxis nur schwerlich zu realisieren sind (z.B. vollkommene Information, quantifizierbare Nutzenfunktionen, rationales Handeln usw.) .

---

1) Vgl. z. B. NASH-Lösung, Goal Programming usw.

Wenn eine Problemlösung nicht durch Ausgangsdaten determiniert ist, sondern in einem interaktiven Suchprozeß ermittelt wird, dann kann man den strikten Anforderungen der Theorie entgegenkommen, auch wenn sie nicht immer voll erfüllt werden. So läßt sich zum Beispiel die unrealistische Annahme, daß die Entscheidungsvariablen in einem linearen Verhältnis zu Nutzenfunktionen stehen, dadurch überwinden, daß die Entscheidungsträger sich in einem iterativen Prozeß mit ihren Entscheidungen an ihre Nutzenfunktionen herantasten.[1)]

Das entworfene Modell zur kollektiven Entscheidungsfindung ist nicht geschlossen. Es ist vielmehr offen zur Integration weiterer Elemente aus Theorie und Praxis,die einer kollektiven Zielkonfliktüberwindung zur Unterstützung dienen. So sind u. a. Methoden zu untersuchen, die individuelle Präferenzintensitäten, verschiedene Abstimmungsmodi, Probleme von Ganzzahligkeit usw. berücksichtigen.

---

1) Dann läßt sich eine Approximation durch lokale Linearisierung vornehmen.

7. Anhang

7.1. Ergebnisse einer Untersuchung zum Einfluß relevanter Information auf Ausgangsforderungen in Verhandlungen

7.1.1. Erstbefragung

Im Dezember 1975 wurden 350 Studenten des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken, um eine Beurteilung der Lehrkapazität des Fachbereiches gebeten und aufgefordert, ihre eigenen Vorstellungen zu diesem Problem zu äußern. Dieses geschah anhand einer Fragebogenaktion, in der die Studenten u.a. angeben sollten, wie sie die Belastung des Lehrpersonals (Professoren und Assistenten) einschätzen und welche Gesamtarbeitsbelastung ihren eigenen Forderungen entspräche und wie die Arbeitskraft des Lehrpersonals auf die verschiedenen Aufgabengebiete eines Lehrstuhls (Lehre ,Forschung, Verwaltung usw.) aufgeteilt werden sollte.

Es wurden nur Studenten höherer Semester befragt, von denen eine gewisse Kenntnis der Problematik einer Hochschulkapazität erwartet werden durfte. Die Semesterzahl der Befragten lag im Durchschnitt bei 7 Semestern.

Die Ergebnisse dieser Befragung sind in DINKELBACH et al. (1976) veröffentlicht worden.

Parallel zu dieser Untersuchung wurde eine entsprechende Befragung der Professoren und Assistenten des Fachbereichs durchgeführt, in der diese den Umfang ihrer Arbeitsbelastung und deren Aufteilung auf die verschiedenen Aufgabengebiete angeben sollten.

Dazu wurde analog zur Studentenbefragung in den Fragebogen ein Ist-Soll-Vergleich aufgenommen, d.h. das Lehrpersonal hatte sowohl die tatsächliche Arbeitsbelastung als auch die als erstrebenswert angesehene Belastung anzugeben.

7.1.2. Nachbefragung

Die aus dieser Umfrage gewonnenen Durchschnittsdaten zur tatsächlichen Arbeitsbelastung und ihrer Aufteilung gingen in die ein halbes Jahr später unter 100 Studenten durchgeführte Nachbefragung ein. Dabei handelte es sich um Studenten, die bereits an der ersten Befragung teilgenommen hatten.

Es wurde den Studenten nicht mitgeteilt, welchen Ursprung die Ausgangsdaten über die Belastung des Lehrpersonals hatten, sondern sie wurden lediglich als Ergebnisse einer nicht näher bezeichneten "Untersuchung" präsentiert.

Die Studenten sollten in Kenntnis dieser Daten ihre Forderungen zur Lehrkapazität des Fachbereichs zum Ausdruck bringen. Da die erste Befragung relativ lange zurücklag, war nicht davon auszugehen, daß die Befragten sich an ihre in der ersten Befragung geäußerten Forderungen detailliert erinnerten und eventuell aus Sorge vor einem "Gesichtsverlust" auf diesen Zielwerten beharrten.

Am Ende des Fragebogens wurden die Studenten gebeten anzugeben, welche Daten zur tatsächlichen Kapazitätsbelastung für sie "besonders überraschend" gewesen waren.

Die aus dieser Nachbefragung gewonnenen Erkenntnisse wurden den Ergebnissen der Erstbefragung gegenübergestellt. Auf diese Weise sollte der Einfluß der zusätzlich gegebenen

relevanten Information ermittelt werden.

Die Angaben bezüglich besonders überraschender Information sollten eventuell einen indirekten Hinweis darauf geben, welche der zusätzlichen Informationen mangelnde Glaubwürdigkeit beigemessen wurde. Dabei wurde die Vermutung unterstellt, daß besonders überraschende, aber glaubhaft erscheinende Informationen zu einer gewissen Konzessionsbereitschaft bei den Studenten führen würde, wenn diese Information beinhaltete, daß die von ihnen ursprünglich gestellten Forderungen von der Gegenseite bereits weitgehend erfüllt waren. Geringere Konzessionsbereitschaft könnte in einem solchen Fall auf eine angezweifelte Glaubwürdigkeit hindeuten.

Eine direkte Frage zur Glaubwürdigkeit wurde aus dem gleichen Grunde nicht in die Befragung aufgenommen, aus dem den Studenten nicht mitgeteilt worden war, daß die angeführten Daten zur Belastung des Lehrpersonals nicht objektiv festgestellt worden waren, sondern auf persönlichen Angaben der Lehrenden selbst basierten : Die Studenten hätten mit grosser Wahrscheinlichkeit die Glaubwürdigkeit aller Daten von vornherein in Zweifel gezogen, und dieses hätte wiederum zu einer Verzerrung der studentischen Forderungen führen können.

7.1.3. Ergebnisse der Nachbefragung

Im folgenden sind sowohl die auf ihren subjektiven Schätzungen beruhenden ersten Forderungen der Studenten aufgeführt als auch die auf der zusätzlichen Information basierenden revidierten Forderungen.

1.) 56 % bzw. 70% der Studenten hatten in der ersten Befragung gefordert, die Professoren bzw. Assistenten

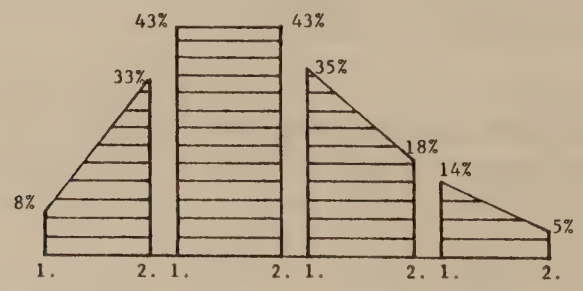
sollten weitere Sprechstunden einrichten.

Nachdem den Studenten mitgeteilt worden ist, daß sowohl Professoren als auch Assistenten durchschnittlich 2 Stunden pro Woche Sprechstunden abhielten, ergibt sich lediglich eine leichte Veränderung : 52 % fordern von den Professoren weiterhin zusätzliche Sprechstunden, während sich der Anteil derjenigen, die von den Assistenten mehr Sprechstunden fordern, geringfügig auf 76% erhöht .

Nach Meinung dieser Studenten sollten die Professoren ihre Sprechstunden um durchschnittlich 1,5 Stunden ausweiten, die Assistenten um 2,6 Stunden.

2.) Nach Kenntnis der Information, daß die Professoren durchschnittlich eine Lehrverpflichtung von 7 Stunden pro Woche haben, geht die Forderung der Studenten nach einer weiteren Lehrverpflichtung deutlich zurück, und zwar durchschnittlich um eine Stunde.

Der Anteil der hinter der 1. bzw. 2. Forderung stehenden Studenten ergibt sich prozentual wie folgt:



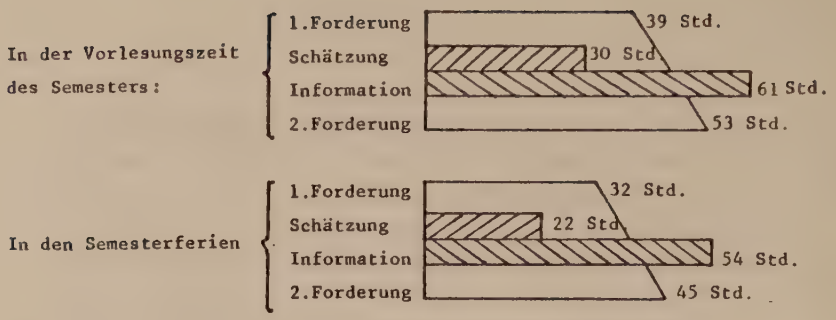
3.) Die tatsächliche wöchentliche Gesamtarbeitszeit der Professoren war von den Studenten ursprünglich stark unterschätzt worden.

In der Nachbefragung kommt es zu einer Korrektur der ersten Forderung : Die Professoren sollten erheblich mehr arbeiten als zunächst gefordert. Interessanterweise bleibt die neue Forderung jedoch deutlich unter der Stundenzahl, die als tatsächliche Wochenarbeitszeit der Professoren durch die Untersuchung ermittelt worden war.

Daraus ließe sich folgende Interpretation ableiten: Zunächst war von den Studenten angenommen worden, die tatsächliche wöchentliche Arbeitszeit liege im Durchschnitt bei 30 Stunden, die man jedoch an die im öffentlichen Dienst sonst allgemein gültige Arbeitszeit von 40 Stunden angenähert wissen wollte ; zumindest während des Teils des Semesters, in dem Vorlesungen stattfinden.

Wenn aber die tatsächliche Arbeitsbelastung sogar noch weit höher liegt als diese geforderte Zeit, dann halten die Studenten dieses für übertrieben und nicht für notwendig. Da andererseits eine verstärkte Belastung der Professoren erwünscht ist, wird nunmehr die ursprüngliche Forderung stark erhöht und zwar auf eine Wochenstundenzahl, die etwa in der Mitte zwischen ursprünglicher Forderung und angeblich tatsächlicher Wochenbelastung liegt.

Für Vorlesungszeit und Semesterferien ergeben sich folgende Forderungen (in Std./Woche):



4.) In der vermeintlichen Aufteilung der Arbeitszeit der Professoren hatten sich die Studenten zum Teil ebenfalls erheblich geirrt.

Demzufolge kommt es auch hier in der Nachbefragung zu revidierten Forderungen. Vor allem die Forderung nach einem stärkeren Anteil der Lehrtätigkeit des Professors wird nach oben korrigiert.

Allgemein läßt sich aus den Nachbefragungsergebnissen zum Komplex der Arbeitsaufteilung ersehen, daß die Forderungen zumeist in Richtung auf die tatsächlichen Werte korrigiert werden, d.h. lag der tatsächliche Zeitanteil höher (niedriger) als vorher angenommen, so werden die Forderungen erhöht (verringert).

Allerdings ist es nicht unproblematisch festzustellen, inwieweit die den Studenten zugeführten Informationen zu einer Konzessionsbereitschaft führen oder nicht.

Auf den ersten Blick zeigt eine absolute Erhöhung der studentischen Forderungen eine tatsächliche Verstärkung dieser Forderungen an. Jedoch erscheint es sinnvoll, die erste Forderung ins Verhältnis zum ursprünglich geschätzten Wert zu setzen, und die revidierte Forderung relativ zum nunmehr bekannten tatsächlichen Wert zu sehen.

Dann ergibt sich, daß viele ursprünglich erhobenen Forderungen lediglich eine Transformation in Richtung auf realistischere Werte erfahren und es nur deshalb zu nominal höheren Forderungen kommt.

Bei der Interpretation der Resultate muß bedacht werden, daß nicht alle der studentischen Forderungen miteinander kollidieren. Es ist nicht unbedingt folgerichtig, daß bei der Aufteilung einer verfügbaren Gesamtarbeitszeit die Erhöhung einer Einzelforderung der Studenten zwangsläufig zu einer Konzession in einer anderen Forderung führen muß. So sind zum Beispiel die Erhöhung der Zeit für Lehrtätigkeiten und die gleichzeitige Verringerung der Zeit für außeruniversitäre Beschäftigungen zwei Maßnahmen, die als Forderungen seitens der Studenten voll im Einklang miteinander stehen. Dieses ist bei der nachfolgenden graphischen Interpretation der Umfrageergebnisse stets zu beachten, damit nicht Konzessionen herausgelesen werden, die tatsächlich nicht gemacht worden sind.

Somit ergeben sich nur zwei echte Konzessionen : Real (nicht nominal) kommen die Studenten den Professoren in der Frage der Zeit für Forschungen und bei der Reduzierung der Zeit für Verwaltungstätigkeiten entgegen. Vor allem im letzteren Fall hatten die Studenten wohl erkennen müssen, daß die tatsächlich benötigte Zeit doch erheblich über der von ihnen geschätzten liegt.

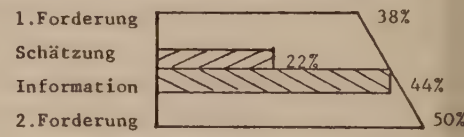
Deutlich erkennbar sind die geringeren Unterschiede zwischen erster und zweiter Forderung, wenn sie sich auf die vorlesungsfreie Zeit beziehen. Ursache dafür könnte außer den tatsächlich etwas geringeren ur-

sprünglichen Fehleinschätzungen ein weniger starkes Interesse der Studenten an der Frage sein, wie die Professoren ihre Arbeitszeit in den Semesterferien einteilen.

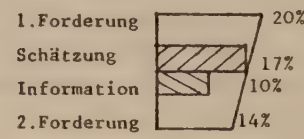
Aus folgender Grafik lassen sich ursprüngliche Einschätzung, daraus folgende erste Forderung, zusätzlich gegebene Information und die darauffolgende revidierte Forderung ersehen :

Arbeitszeitaufteilung während der Vorlesungszeit des Semesters:

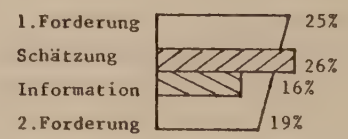
Für die Vorbereitung und Durchführung von Lehrveranstaltungen sowie Sprechstunden, Studienberatung usw.



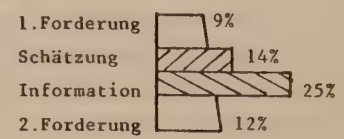
Für die Abnahme von Prüfungen (einschließl. Korrektur von Klausuren, Hausarbeiten, Diplomarbeiten, Dissertationen usw.)



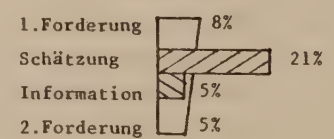
Für die Forschung (einschließlich Veröffentlichungen, Teilnahme an wissenschaftlichen Tagungen, usw.)



Für Verwaltungstätigkeit (einschließlich der Mitarbeit in hochschulpolitischen und Hochschulverwaltungsgremien usw.)

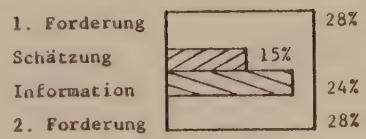


Für außeruniversitäre Aufgaben

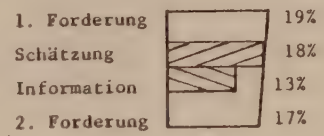


Arbeitszeitaufteilung während der Semesterferien:

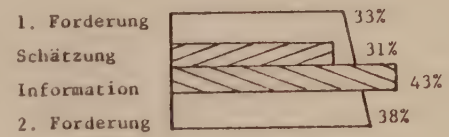
Für die Vorbereitung von Lehrveranstaltungen des kommenden Semesters sowie Sprechstunden, Studienberatung usw.



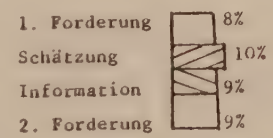
Für die Abnahme von Prüfungen (einschl. Korrektur von Klausuren, Hausarbeiten, Diplomarbeiten, Dissertationen usw.)



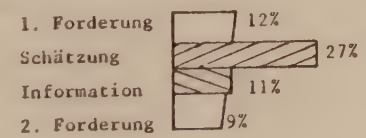
Für die Forschung (einschließlich Veröffentlichung, Teilnahme an wissenschaftlichen Tagungen, usw.)



Für die Verwaltungstätigkeit (einschließlich der Mitarbeit in hochschulpolitischen und Hochschulverwaltungsgremien usw.)



Für außeruniversitäre Aufgaben



5.) In der Beurteilung der Aufteilung der Arbeitszeit von Assistenten sind die ursprünglichen Schätzungen seitens der Studenten mit weniger Fehlern behaftet als jene bezüglich der Professoren. Daher sind die nominalen Forderungsabweichungen relativ gering.

Bei diesem Fragenkomplex zeigt sich deutlich, daß die zusätzlich zur Verfügung gestellte Information zu einer Transformation der Forderungen in realistischere Werte geführt hat. Die realen Forderungen sind kaum verändert worden. Die allgemein zugrundeliegende Forderung, die Assistenten sollten mehr Zeit den Studenten widmen, ist erhalten geblieben.

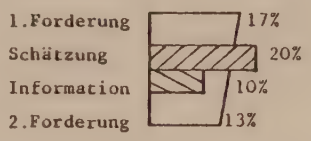
Lediglich in der Frage der Lehrstuhlforschung scheinen die Studenten nach Erhalt der Information härter geworden zu sein : Die tatsächlich aufgewendete Zeit für diese Forschung wurde von den Studenten als zu hoch angesehen.

Den Aufwand der Assistenten zur Vorbereitung und Durchführung von Lehrveranstaltungen des Professors hatten die Befragten zunächst zu hoch eingeschätzt und daraufhin eine geringe Reduzierung gefordert. Nachdem sie erfahren haben, daß der betreffende Aufwand tatsächlich nur halb so groß wie vermutet ist, kehren sie ihre Forderung um und fordern jetzt eine geringfügige Erhöhung.

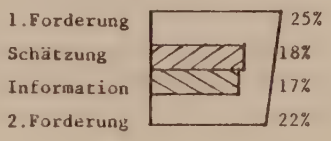
Die Ergebnisse im einzelnen:

Arbeitszeitaufteilung während der Vorlesungszeit des Semesters:

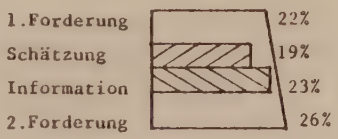
Für die Vorbereitung und Durchführung von Lehrveranstaltungen des Lehrstuhlinhabers



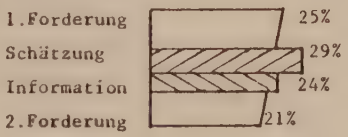
Für die Vorbereitung und Durchführung eigener Lehrveranstaltungen



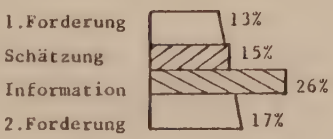
Für Sprechstunden und Studienberatung, Vorkorrektur von Klausuren, Diplomarbeiten usw. und sonstige Tätigkeiten am Lehrstuhl



Für die eigene wissenschaftliche Arbeit (Dissertation, Habilitation usw.)

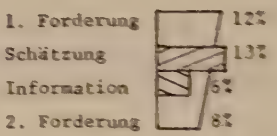


Für die Forschung des Lehrstuhls (ausschließlich eigener wissenschaftlicher Arbeit)

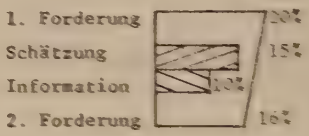


Arbeitszeitaufteilung in den Semesterferien:

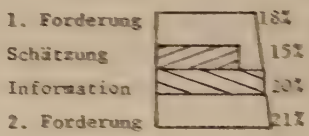
Für die Vorbereitung von Lehrveranstaltungen des Lehrstuhlinhabers



Für die Vorbereitung eigener Lehrveranstaltungen

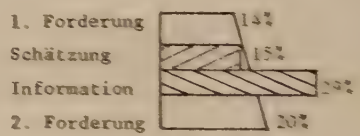


Für Sprechstunden und Studienberatung, Vorkorrektur von Klausuren, Diplomarbeiten usw. und sonstige Tätigkeiten am Lehrstuhl



Für die eigene wissenschaftliche Arbeit (Dissertation, Habilitation usw.)

Für die Forschung des Lehrstuhls (ausschließlich eigener wissenschaftlicher Arbeit)



6.) Den Angaben der Befragten zufolge sind vor allem folgende Informationen "besonders überraschend" gewesen:

- daß ein Professor für die Vorbereiung einer Lehrveranstaltungsstunde etwa 3,5 Stunden benötigt.
- daß die Professoren durchschnittlich 61 Stunden pro Woche (in der Vorlesungszeit) bzw. 54 Stunden pro Woche (in den Semesterferien) arbeiten.
- daß die Professoren im Durchschnitt für die reine Lehrtätigkeit 44% ihrer Gesamtarbeitszeit aufwenden.
- daß 25% der Arbeitszeit der Professoren von Verwaltungstätigkeiten beansprucht werden.
- daß die außeruniversitären Beschäftigungen der Professoren durchschnittlich 5% bzw. 11% (in den Semesterferien) der Arbeitszeit ausmachen.
- daß die Assistenten während der Vorlesungszeit des Semesters 26% ihrer Arbeitszeit der vom Lehrstuhl betriebenen Forschung widmen.

Der jeweilige Anteil der Studenten, den die Angaben besonders überraschten, ist aus nachfolgender Tabelle im einzelnen zu ersehen: [1)]

---

1) Vgl. Fragebogen zur Nachbefragung in Abschnitt 7.2.

Frage Nr.	4	5	6	7a	7b	8/9
% der Befragten	3%	3%	32%	58%	60%	22%

Frage Nr.	8/1o	8/11	8/12	8/13	8/14	8/15
% der Befragten	5%	13%	47%	18%	12%	5%

Frage Nr.	8/16	8/17	8/18	9/19	9/20	9/21
% der Befragten	7%	4%	16%	10%	10%	4%

Frage Nr.	9/22	9/23	9/24	9/25	9/26	9/27
% der Befragten	4%	17%	6%	9%	6%	8%

Frage Nr.	9/28
% der Befragten	11%

Wenn diese Daten im Zusammenhang mit den beobachteten revidierten Forderungen der Studenten auch nicht ausreichen, eindeutige Aussagen darüber zu machen, welche Informationen den Befragten glaubwürdiger erschienen als andere, so läßt sich doch folgendes sagen:

Unter Voraussetzung der Annahme, daß glaubwürdig erscheinende Informationen einer Partei, die der Gegenpartei vermitteln, daß ihre Forderungen bereits stärker als vermutet erfüllt sind, zu einem Einlenken seitens eben dieser Gegenpartei führen, und daß unglaubwürdig erscheinende Informationen die Gegenpartei zu erhöhten Forderungen veranlassen, läßt sich hinsichtlich der vorliegenden Ergebnisse folgendes vermuten:

Die Angaben zur tatsächlich von den Professoren benötigten

Zeit für die Vorbereitung einer Lehrveranstaltung, zur tatsächlich für die Lehre verwendeten Zeit und zur Belastung durch Verwaltungsaufgaben erscheinen den Studenten glaubwürdig.

Die Angaben über die tatsächliche wöchentliche Arbeitsbelastung der Professoren scheint den Studenten dagegen weniger glaubwürdig zu sein, da es zu einer erheblich erhöhten Forderung nach Kenntnisnahme der Daten kommt.

Der Einfluß der Glaubwürdigkeit einer Information auf deren Auswirkungen auf Forderungen in Verhandlungen bedarf jedoch weiterer, eingehenderer Untersuchungen, zumal der Bluff bekanntermaßen ein wichtiges Element in Verhandlungen ist.

7.2. Fragebogen zur Nachbefragung

Im Juni 1976

Liebe Kommilitonen!

Vor einem halben Jahr wurde, - wie sich einige von Ihnen vielleicht erinnern -, eine Umfrage unter den Studenten des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften durchgeführt, in der diese nach ihren Zielvorstellungen hinsichtlich der Kapazität ihres Fachbereiches befragt wurden.

Heute nun legen wir Ihnen einige Ergebnisse aus einer Untersuchung über die Arbeitszeitaufteilung von Professoren und Assistenten Ihres Fachbereiches vor.

Bitte sagen Sie uns, inwieweit diese Daten Ihren eigenen persönlichen Zielvorstellungen entsprechen.

Beantworten Sie dazu bitte die nachfolgenden Fragen sorgfältig und vollständig. Sofern Antwortalternativen vorgegeben sind, tragen Sie bitte die dazugehörigen Ziffern in die Antwortkästchen ein. Sind Zahlenwerte erfragt, so tragen Sie bitte diese in die Kästchen ein.

Vor der Beantwortung einer Frage bitte erst alle Antwortalternativen der Frage durchlesen.

Wir danken Ihnen für Ihre Mitarbeit.

A. Für die Statistik

1. Wie alt sind Sie? ☐☐ Jahre

2. Ihr Geschlecht? männlich (1) / weiblich (2) ☐

3. In welchem Fachsemester befinden Sie sich? Im ☐☐. Fachsemester

B. Die Untersuchungsergebnisse und Ihre Stellungnahme dazu

○ 4. *Die Untersuchung ergab, daß die Professoren durchschnittlich 2 Stunden pro Woche Sprechstunden abhalten.*

- Halten Sie es für notwendig, daß die Professoren Ihres Fachbereiches weitere Sprechstunden einrichten? ja (1) / nein (2) ☐.
- Wenn ja, wieviele? zusätzlich ☐☐ Stunden pro Woche

○ 5. *Laut den Untersuchungsergebnissen halten die Assistenten durchschnittlich 2 Stunden pro Woche an Sprechstunden ab.*

- Halten Sie es für notwendig, daß die Assistenten Ihres Fachbereichs weitere Sprechstunden einrichten? ja (1) / nein (2) ☐
- Wenn ja, wieviele? zusätzlich ☐☐ Stunden pro Woche

○ 6. *Die Untersuchung zeigte, daß ein Professor für eine Lehrveranstaltungsstunde etwa 4½ Stunden Zeit zur Vorbereitung benötigt (im Jahresdurchschnitt, d.h. die Semesterferien einbezogen).*

Die Lehrverpflichtung eines Professors liegt bei etwa 7 Wochenstunden. Somit kommt er auf etwa 32 Stunden Lehre pro Woche im Semester einschließlich der Vorbereitung.

Wenn Sie weiterhin berücksichtigen, daß ein Professor auch Forschungsaufgaben hat, die die Grundlage seiner Lehrtätigkeit bilden:

In welchem Umfang halten Sie dann eine Erhöhung der Lehrverpflichtung der Professoren in Ihrem Fachbereich für angemessen?

Keine Erhöhung der Lehrverpflichtung eines Professors (1) ☐.

Erhöhung der Lehrverpflichtung eines Professors

- um 1-2 Wochenstunden (2)
- um 3-4 Wochenstunden (3)
- um mehr als 4 Wochenstunden (4)

7. Nachfolgend finden Sie die Angaben darüber, wieviele Stunden ein Professor durchschnittlich arbeitet:

Wieviele Stunden sollte ein Professor Ihrer Meinung nach durchschnittlich pro Woche arbeiten?	*Untersuchungsergebnis:* *Die Professoren arbeiten durchschnittlich pro Woche:*	Ihre Meinung: Meiner Meinung nach sollte ein Professor meines Fachbereiches durchschnittlich wie folgt arbeiten:
im Semester	○ 51 Std./Woche	☐☐ Std./Woche
in den Semesterferien	○ 24 Std./Woche	☐☐ Std./Woche

8. Die Untersuchung erbrachte nachstehende Daten zur Aufteilung der Arbeitszeit der Professoren.

	Wie sollten Ihrer Meinung nach die Professoren Ihres Fachbereiches ihre Arbeitszeit im Durchschnitt aufteilen?	*Untersuchungsergebnis:* *Die Professoren teilen ihre Arbeitszeit im Durchschnitt wie folgt auf:*	Ihre Meinung: Meiner Meinung nach sollten die Professoren in meinem Fachbereich ihre Arbeitszeit im Durchschnitt wie folgt aufteilen: (Zahlen bitte auf 5% bzw. 10% runden, d.h. 5%, 10%, 15%, 20%,...
	a) Während des Semesters		
9	- Für die Vorbereitung und Durchführung von Lehrveranstaltungen sowie Sprechstunden, Studienberatung usw.	14 % der Arbeitszeit	% der Arbeitszeit
10	- Für die Abnahme von Prüfungen (einschließlich Korrektur von Klausuren, Hausarbeiten, Diplom-, Magister- und Staatsexamensarbeiten und Dissertationen usw.)	10 % der Arbeitszeit	% der Arbeitszeit
11	- Für die Forschung (einschließlich Veröffentlichungen, Teilnahme an wissenschaftlichen Tagungen, usw.)	18 % der Arbeitszeit	% der Arbeitszeit
12	- Für Verwaltungstätigkeit (einschließlich der Mitarbeit in hochschulpolitischen und Hochschulverwaltungsgremien usw.)	25 % der Arbeitszeit	% der Arbeitszeit
13	- Für außeruniversitäre Aufgaben	05 % der Arbeitszeit	% der Arbeitszeit
		100 %	100 %
	b) In den Semesterferien		
14	- Für die Vorbereitung von Lehrveranstaltungen des kommenden Semesters sowie Sprechstunden, Studienberatung usw.	24 % der Arbeitszeit	% der Arbeitszeit
15	- Für die Abnahme von Prüfungen (einschließlich Korrektur von Klausuren, Hausarbeiten, Diplom-, Magister- und Staatsexamensarbeiten und Dissertationen usw.)	13 % der Arbeitszeit	% der Arbeitszeit
16	- Für die Forschung (einschließlich Veröffentlichungen, Teilnahme an wissenschaftlichen Tagungen, usw.)	43 % der Arbeitszeit	% der Arbeitszeit
17	- Für Verwaltungstätigkeit (einschließlich der Mitarbeit in hochschulpolitischen und Hochschulverwaltungsgremien usw.)	09 % der Arbeitszeit	% der Arbeitszeit
18	- Für außeruniversitäre Aufgaben	11 % der Arbeitszeit	% der Arbeitszeit
		100 %	100 %

9. Aus der Untersuchung gehen auch die nachstehenden Daten darüber hervor, wie die Assistenten ihre Arbeitszeit aufteilen.

Wie sollten die an den Lehrstühlen Ihres Fachbereiches beschäftigten Assistenten Ihrer Meinung nach ihre Arbeitszeit aufteilen?	*Untersuchungsergebnis:* *Die an den Lehrstühlen beschäftigten Assistenten teilen ihre Arbeitszeit im Durchschnitt wie folgt auf:*	Ihre Meinung: Meiner Meinung nach sollten die an den Lehrstühlen in meinem Fachbereich beschäftigten Assistenten ihre Arbeitszeit im Durchschnitt wie folgt aufteilen: (Zahlen bitte auf 5% bzw. 10% runden, d.h. 5%, 10%, 15%, 20%,...

a) Während des Semesters.

70 - Für die Vorbereitung und Durchführung von Lehrveranstaltungen des Lehrstuhlinhabers

80 - Für die Vorbereitung und Durchführung eigener Lehrveranstaltungen

91 - Für Sprechstunden und Studienberatung, für die Vorkorrektur von Klausuren, Hausarbeiten, Diplomarbeiten usw. sowie für sonstige Tätigkeiten am Lehrstuhl

12 - Für die eigene wissenschaftliche Arbeit (Dissertation, Habilitation usw.)

13 - Für die Forschung des Lehrstuhls (ausschließlich eigener wissenschaftlicher Arbeit)

O 10 % der Arbeitszeit		% der Arbeitszeit
O 17 % der Arbeitszeit		% der Arbeitszeit
O 25 % der Arbeitszeit		% der Arbeitszeit
O 34 % der Arbeitszeit		% der Arbeitszeit
O 46 % der Arbeitszeit		% der Arbeitszeit
100 %	100 %	☒ 52

b) Während der Semesterferien

20 - Für die Vorbereitung von Lehrveranstaltungen des Lehrstuhlinhabers

35 - Für die Vorbereitung eigener Lehrveranstaltungen

46 - Für die Sprechstunden und Studienberatung, für die Vorkorrektur von Klausuren, Hausarbeiten, Diplomarbeiten usw. sowie für sonstige Tätigkeiten am Lehrstuhl

47 - Für die eigene wissenschaftliche Arbeit (Dissertation, Habilitation usw.)

48 - Für die Forschung des Lehrstuhls (ausschließlich eigener wissenschaftlicher Arbeit)

O 08 % der Arbeitszeit		% der Arbeitszeit
O 10 % der Arbeitszeit		% der Arbeitszeit
O 20 % der Arbeitszeit		% der Arbeitszeit
O 35 % der Arbeitszeit		% der Arbeitszeit
O 19 % der Arbeitszeit		% der Arbeitszeit
100 %	100 %	☒

C. Zum Schluß

10. Haben Sie an der Umfrageaktion im Wintersemester 1975/76 teilgenommen, in der nach Ihren Zielvorstellungen hinsichtlich der Kapazität Ihres Fachbereiches gefragt wurde?

(Hinweis: Diese Umfrage wurde damals in einer Lehrveranstaltung durchgeführt)

- ja, ich habe teilgenommen (1) ☐ 54
- nein, ich habe nicht teilgenommen (2)
- ich kann mich nicht mehr daran erinnern (3)

A C H T U N G: Noch eine Bitte:

Wie Sie bemerkt haben, sind jeweils links von den Untersuchungsergebnissen bzw. im Text in deren unmittelbaren Nähe am Rand Kreise angeordnet.

Bitte gehen Sie noch einmal alle Untersuchungsergebnisse der Fragen 4 bis 9 durch und kreuzen Sie diejenigen im entsprechenden Kreis an, welche für Sie persönlich besonders überraschend waren.

Wir bedanken uns für Ihre freundliche Unterstützung dieser Aktion.

8. Literatur

AGARWAL, S.: Optimizing Techniques for Interactive Design of Transportation Networks under Multiple Objectives, Diss., Northwestern University, USA (1973)

ARROW, K.J.: A Difficulty in the Concept of Social Welfare, in: The Journal of Political Economy, LVIII, S.328-346, (1950)

ARROW,K.J.: Social Choice and Individual Values, New York, London (1951)

ARROW, K.J.: Rational Choice Functions and Orderings, in: Economica, XXVI, S. 121-127, (1959)

ARROW, K.J.: Social Choice and Individual Values, New Haven, London (1963)

BELENSON,S.M. and KAPUR, K.C.: An Algorithm for Solving Multicriterion Linear Programming Problems, in: Operational Research Quarterly, Vol.24,No.1, S. 65-77, (1973)

BENAYOUN,J., de MONTGOLFIER,J., and TERGNY,J.: Linear Programming with Multiple Objective Functions: STEP METHOD (STEM), in: Mathematical Programming 1, S. 366-375, (1971)

BIDLINGMAIER, J.: Zielkonflikte und Zielkompromisse im unternehmerischen Entscheidungsprozeß, Wiesbaden (1968)

BISCHOFF, M.: Multivariable Zielsysteme in der Unternehmung, Meisenheim am Glan (1973)

BISHOP, R.L.: Game Theory Analyses of Bargaining, in: Quarterly Journal of Economics, 77, S. 559-602, (1963)

BLEICHER, K.: Zur Organisation von Entscheidungsprozessen, in: JACOB (Hrsg.): Schriften zur Unternehmensführung, Bd.11, Wiesbaden (1970)

BLIN, J.-M. and SATTERTHWAITE, M.A.: On Preferences, Beliefs, and Manipulation within Voting Situations, in: Econometrica, Vol. 45, No.4, S. 881-888, (1977)

BLIN, J.-M. and SATTERTHWAITE,M.A.: Individual Decisions and Group Decisions, in: Journal of Public Economics, Vol 10, S. 247-267,(1978)

BORAH, L.A.: The Effects of Threat in Bargaining: Critical and Experimental Analyses, in: Journal of Abnormal and Social Psychology, Vol.66, S. 37-43,(1963)

BOWEN, K.C. and SMITH, D.G.: Developement of Models for Application to Conflict Problems, in: COLLINS,L. (ed.), The Use of Models in the Social Sciences, London, S. 149-172,(1976)

BOYD, D.A.: A Methodology for Analysing Decision Problems involving Complex Preference Assessments, Diss., Stanford University, Stanford, Cal.USA, (1970)

BUCHANAN, J.M.: Simple Majority Voting, Game Theory, and Resource Use, in: Canadian Journal of Economics and Political Science, XXVII, S. 337-348,(1961)

BUTTERWORTH, R.L.: A Research Note on the Size of Winning Coalitions, in: The American Political Science Review, LXV, S. 741-745,(1971)

CHAMBERLAIN, N.W.: Collective Bargaining, New York (1951)

CHARNES, A., COOPER, W.W., NIEHAUS, R.J., and STEDRY, A.: Static and Dynamic Assignment Models with Multiple Objectives and Some Remarks on Organizational Design, in: Management Science, Vol.4, No.3, S. B-365-B-375, (1969)

COLLISON, W.F.: The Mathematical Theory of Conflict Reduction, Diss., University of Colorado, USA, (1973)

CONTINI, J.B.: The Value of Time in Bargaining Negotiations: Some Experimental Evidence, in: American Economic Review, Vol.58, S. 374 -393, (1967)

CONTINI, J.B. and ZIONTS, S.: Restricted Bargaining for Organizations with Multiple Objectives, in: Econometrica, Vol. 36, No. 2, S. 397-414, (1968)

CROSS, J.G.: A Theory of the Bargaining Process, in: American Economic Review, Vol. 55, S. 67-94, (1965)

CROSS, J.G.: A Theory of the Bargaining Process: Reply, in: American Economic Review, Vol.56, S. 530-533 (1966)

CROSS, J.G.: The Economics of Bargaining, New York, London, (1969)

CZERANOWSKY, G. und STRUTZ, H.: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung über Unternehmensziele, in: JACOB (Hrsg.): Schriften zur Unternehmensführung, Bd. 11, Wiesbaden, S. 121-124, (1970)

DAVIS, O.A., De GROOT ,M.H., and HINICH, M.J.: Social Preference Orderings and Majority Rule, in: Econometrica, Vol. 40, S. 147-157,(1972)

DEUTSCH, M. und KRAUSS, R.M.: The Effect of Threat upon Interpersonal Bargaining, in: Journal of Abnormal and Social Psychology, Vo. 61, S. 181-189,(1960)

DEUTSCH, M. und KRAUSS, R.M.: Untersuchungen über interpersonelle Verhandlungen, in: SHUBIK (Hrsg.): Spieltheorie und Sozialwissenschaften, Frankfurt am Main (1965)

DINKELBACH, W.: Sensitivitätsanalysen und parametrische Programmierung, Berlin-Heidelberg-New York (1969)

DINKELBACH, W.: Über einen Lösungsansatz zum Vektormaximumproblem, in: BECKMANN, M.,(Hrsg.): Unternehmensforschung - Heute, S. 1-13,(1971)

DINKELBACH, W.: Ziele, Zielvariablen und Zielfunktionen, in: Die Betriebswirtschaft, Bd. 38, S. 51-58,(1978)

DINKELBACH, W. und DÜRR, W.: Effizienzaussagen bei Ersatzprogrammen zum Vektormaximumproblem, in: HENN et al.(Hrsg.): Operations Research-Verfahren, Bd. XII, S. 69-77,(1971)

DINKELBACH, W. und ISERMANN, H.: On Decision Making Under Multiple Criteria and Under Incomplete Information, In: COCHRANE/ZELENY (eds.): Multiple Criteria Decision Making, South Carolina, S. 302-312,(1973)

DINKELBACH, W. und ROSENBERG, O.: Zielarten und Zielsysteme bei divergierenden Faktorinteressen, in: Verein für Socialpolitik (Hrsg.): Die Bedeutung gesellschaftlicher Veränderungen im Unternehmen, Neue Folge Band 88, Berlin, S. 813-835,(1976)

DINKELBACH, W., HUCKERT, K., ISERMANN, H. und LAUKAMM, T.: Die Ergebnisse einer Umfrage zu Zielsetzungen einer Hochschul-Kapazitätsplanung unter Studenten des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften der Universität des Saarlandes, Diskussionsbeiträge Fachbereich Wirtschaftswissenschaft, Heft Nr.A7606, Universität des Saarlandes, Saarbrücken (1976)

DINKELBACH, W., HUCKERT, K.,und ISERMANN, H.: Probleme mehrfacher Zielsetzung bei Planungsmodellen komplexer Organisationen II: Ein lineares Kapazitätsplanungsmodell aus dem Hochschulbereich und seine Lösungsmöglichkeiten mit Hilfe des modifizierten STEM-Verfahrens, Diskussionsbeiträge, Fachbereich Wirtschaftswissenschaft, Universität des Saarlandes, Nr. A7709, Saarbrücken (1977)

DYER, J.S.: Interactive Goal Programming, in: Management Science, 19 , S. 62-70,(1972)

DYER, J.S.: A Time-Sharing Computer Progam for the Solution of the Multiple Criteria Problem, in: Management Science, 19 , Applications series, S. 1379-1383,(1973a)

DYER, J.S.: An Empirical Investigation of a Man-Machine Interactive Approach to the Solution of the Multiple Criteria Problem, in: COCHRANE/ZELENY (eds.): Multiple Criteria Decision Making, South Carolina, S. 202-216, (1973b)

DYER, J.S.: The Effects of Errors in the Estimation of the Gradient on the Frank-Wolfe Algorithm, with Implications for Interactive Programming, in: Operations Research, Vol. 22, No.1, S. 160-174,(1974)

ECKER, J.G. and KOUADA, I.A.: Finding Efficient Points for Linear Multiple Objective Programs, in: Mathematical Programming, Vol.8, S. 375-377, (1975)

EDGEWORTH, F.Y.: Mathematical Psychics, London (1881)

EPHRON, L.R.: Group Conflict in Organizations: A Critical Appraisal of Recent Theories, Berkeley Journal of Sociology, Spring (1961)

EVANS, J.P., and STEUER, R.E.: Generating Efficient Extreme Points in Linear Multiple Objective Programming: Two Algorithms and Computing Experience, in: COCHRANE/ZELENY (eds.): Multiple Criteria Decision Making, South Carolina, S. 349-365 (1973)

FANDEL, G.: A Multi-Objective Programming Algorithm for the Distribution of Recources among Teaching and Research, Working Paper, Institut für Gesellschafts- und Wirtschaftswissenschaften der Universität Bonn, Bonn (1974)

FANDEL, G., und WILHELM, J.: Zur Entscheidungstheorie bei mehrfacher Zielsetzung, in: Zeitschrift für Operations Research, Vol. 20, S. 1-21, (1976)

FEINBERG, A.: An Experimental Investigation of an Interactive Approach for Multicriterion Optimization, with an Application to Academic Resource Allocation, Diss., University of California, Los Angeles (1972)

FILLEY, A.C.: Interpersonal Conflict Resolution, Glenview (1975)

FISHBURN, P.C.: Arrow's Impossibility Theorem: Concise Proof and Infinite Voters, in: Journal of Economic Theory, Vol. II, S. 103-106, (1970a)

FISHBURN, P.C.: Conditions for Single Majority Decision Functions with Intransitive Individual Indifference, in: Journal of Economic Theory, Vol.II, S. 354-367, (1970b)

FISHBURN, P.C.: Intransitive Individual Indifference and Transitive Majorities, in: Econometrica, Vol. XXXVIII, S. 482-489, (1970c)

FISHBURN, P.C.: Comments on Hansson's 'Group Preferences', in: Econometrica, Vol. XXXVIII, S. 933-935, (1970d)

FISHBURN, P.C.: The Theory of Representative Majority Decision, in Econometrica, XXXIX, S. 273-284, (1971)

FRANK, M. and WOLFE, P.: An Algorithm for Quadratic Programming, in: Naval Research Logistics Quarterly, Vol. 3, S. 95-110, (1956)

FROMAN, L.A. and COHEN, M.D.: Threats and Bargaining Efficiency, in: Behavioral Sciences, Vol. 14, S. 147-153, (1969)

GAL, T.: Zur Identifikation redundanter Nebenbedingungen in linearen Programmen, in: Zeitschrift für Operations Research, Vol. 19, S. 19-28, (1975)

GÄFGEN, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, Tübingen (1968)

GEOFFRION, A.M.: Vector Maximal Decomposition Programming, Working Paper No. 164, Western Management Science Institute, University of California, Los Angeles (1970)

GEOFFRION, A.M., DYER, J.S., and FEINBERG: An Interactive Approach for Multi-Criterion Optimization with an Application to the Operation of an Academic Department, in: Management Science, Vol. XIX, S. 357-368,(1972)

GROSS, B.M.: The Managing of Organizations, New York, (1964)

HALL, J. and WILLIAMS, M.S.: A Comparison of Decision-Making Performances in Established and Ad Hoc Groups,in: Journal Personality and Social Psychology, February,(1966)

HAMEL, W.: Zieländerungen im Entscheidungsprozeß, Tübingen (1974)

HANSSON, B.: Group Preferences, in: Econometrica, Vol. XXXVIII, S. 939-935,(1969)

HARSANYI, J.C.:On the Rationality Postulates Underlying the Theory of Cooperative Games, in: Journal of Conflict Resolution, Vol. 5, S. 179-196,(1961)

HARSANYI, J.C.: Essays on Ethics, Social Behavior, and Scientific Explanation, Dordrecht- Boston (1976)

HARSANYI, J.C.: Rational Behavior and Bargaining Equilibrium in Games and Social Situations, Cambridge (1977)

HAUSCHILDT, J.: Die Struktur von Zielen in Entscheidungsprozessen, in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 25.Jg., S. 709-738,(1973)

HAUSCHILDT, J.: Entscheidungsziele, Tübingen (1977)

HAX, H.: Entscheidungsmodelle in der Unternehmung, Reinbek (1974)

HEINEN, E.: Zielanalyse als Grundlage rationaler Unternehmenspolitik, in: JACOB (Hrsg.): Schriften zur Unternehmensführung, Band 11, Wiesbaden (1970)

HEINEN, E.: Grundlagen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen, - Das Zielsystem der Unternehmung, Wiesbaden (1971)

HICKS, J.R.: The Theory of Wages, London 1963

HOGAN, W.W.: Convergenz Results für Some Extensions of the Frank-Wolfe Method, Working Paper No. 169, Western Management Science Institute, University of California, Los Angeles, January (1971)

HOLL, S.T.: Efficient Solutions to a Multicriteria Linear Program, with Application to an Institute of Higher Education, Diss., John Hopkins University, Baltimore (1973)

HORNSTEIN, H.A.: The Effects of Different Magnitudes of Threat upon Interpersonal Bargaining, in: Journal of Experimental Social Psychology, Vol.1, S. 282-293, (1965)

IJIRI, Y.: Management Goals and Accounting for Control, Amsterdam (1965)

IJIRI, Y.: A Historical Cost Approach, in: COCHRANE/ZELENY (eds.): Multiple Criteria Decision Making, South Carolina, S. 395-405, (1973)

INADA, K.: A Note on the Simple Majority Decision Rule, in: Econometrica, Vol.XXXII, S. 525-531, (1964)

INADA, K.: The Simple Majority Decision Rule, in: Econometrica, Vol. XXXVII, S. 490-506, (1969)

ISERMANN, H.: The Enumeration of the Set of all Efficient Solutions for a Linear Multiple Objective Program, Discussion Papers, Department of Economics, No. B7601, University of Saarland, Saarbrücken (1976)

JÖHR, W.A.: Der Kompromiß als Problem der Gesellschafts-, Wirtschafts- und Staatsethik, in: Recht und Staat, Heft 208/209, S. 15-19, Tübingen (1958)

KATZ, D. and KAHN, R.L.: The Social Psychology of Organizations, New York (1966)

KELLER, B.: Theorien der Kollektivverhandlungen, Berlin (1974)

KIRSCH, W.: Entscheidungsprozesse, 3.Band: Entscheidungen in Organisationen, Wiesbaden (1971)

KNIPS, W.: Die Problematik wirtschaftspolitischer Zielkonflikte, Veröffentlichungen der Hochschule für Wirtschaft und Politik, Hamburg (1970)

KRELLE, W.: Präferenz- und Entscheidungstheorie, Tübingen (1968)

KÜLP, B.: Der Einfluß von Schlichtungsformen auf Verlauf und Ergebnis von Tarif- und Schlichtungsverhandlungen, Berlin (1972)

LANE, M.N.: Goal Programming and Satisficing Models in Economic Analysis, Diss., University of Texas at Austin (1970)

LEE, S.M.: Goal Programming for Decision Analysis, Philadelphia (1972)

LEE, S.M., and CLAYTON, E.R.: A Goal Programming Model for Academic Resource Allocation, in: Management Science, Vol. 18, S. B-395 - B-408, (1972)

LEVINSON, H.M.: Determining Forces in Collective Wage Bargaining, New York (1966)

LUCE, R.D., and RAIFFA, H.: Games and Decisions; Introduction and Critical Survey, New York-London-Sydney (1965)

MARCH, J.G., and SIMON, H.A.: Organizations, New York (1958)

MARSCHAK, J.: Towards an Economic Theory of Organization and Information, in: THRALL/COOMBS/DAVIS (eds.): Decision Process, New York - London (1954)

MAY, K.O.: A set of Independant Necessary and Sufficient Conditions for Simple Majority Decision, in: Econometrica, Vol. XX, S. 680-684, (1952)

MAY, K.O.: A Note on the Complete Independence of the Conditions for Simple Majority Decision, in: Econometrica, Vol. XXI, S. 172-173, (1953)

MAY, K.O.: Intransitivity, Utility, and the Aggregation of Preference Patterns, in: Econometrica, Vol. XXII, S. 1-13, (1954)

MURAKAMIT, Y.: A Note on the General Possibility Theorem of Social Welfare Functions, in: Econometrica, XXIX, S. 244-246, (1961)

MURAKAMI, Y.: Formal Structure of Majority Decisions, in: Econometrica, Vol. XXXIV, S. 709-718, (1966)

Mc NAMARA, J.F.: Mathematical Programming Models in Educational Planning, in: Review of Educational Research, Vol. 41, No. 5, S. 418-449, (1971)

MERTENS, P.: Der Einfluß der Datenverarbeitung auf Entscheidungsfindung und Entscheidungsprozeß, in: JACOB (Hrsg.): Schriften zur Unternehmensführung, Bd. 11, Wiesbaden, S. 81-104, (1970)

NASH, J.F.: The Bargaining Problem, in: Econometrica, Vol. XVIII, S. 155-162, (1950)

NASH, J.F.: Non-cooperative Games, in: Annals of Mathematics, Vol. 54, S. 286-295, (1951)

NASH, J.F.: Two-Person Cooperative Games, in: Econometrica, Vol. XXI, S. 128-140, (1953)

Von NEUMANN, J., und MORGENSTERN, O.: Spieltheorie und wirtschaftliches Verhalten, Würzburg (1961)

OWEN, G.: Spieltheorie, Berlin-Heidelberg-New York (1970)

PATTANAIK, P.K.: Sufficient Conditions for the Existence of a Choice Set Under Majority Voting, in: Economica, Vol. XXXVIII, S. 165-170, (1970a)

PATTANAIK, P.K.: On Social Choice with Quasitransitive Individual Preferences, in: Journal of Economic Theory, Vol. II, S. 267-275, (1970b)

PATTANAIK, P.K.: Voting and Collective Choice, Cambridge (1971)

PEN, J.: A General Theory of Bargaining, in: American Economic Review, Vol. 42, S. 24-42, (1952)

PRUITT, D.G., and DREWS, J.L.: The Effect of Time Pressure, Time Elapsed, and the Opponent's Concession Rate on Behavior in Negotiation, in: Journal of Experimental Social Psychology, Vol. 5, S. 43-60, (1969)

RAIFFA, H.: Arbitration Schemes for Generalized Two-Person Games, in: KUHN/TUCKER (eds.): Contributions to the Theory of Games, II, Princeton/N.J., S. 361-387, (1953)

RICO, L.: Organizational Conflict: A Framework for Reappraisal, in: Industrial Management Review, Fall (1964)

ROBBINS, S.P.: Managing Organizational Conflict, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey (1974)

RÖDDING, W.: Aggregation of Individual Preferences, Göttingen (1975)

ROY, B.: Problems and Methods with Multiple Objective Functions, in: Mathematical Programming, Vol. 1, No. 2, S. 239-266, (1971)

RUBIN, J.Z., und BROWN, B.R.: The Social Psychology of Bargaining and Negotiation, New York-San Francisco-London (1975)

RUEFLI, T.W.: A Generalized Goal Decomposition Model, in: Management Science, Vol. 17, No. 8, April (1971)

SCHAUENBERG, B.: Zur Logik kollektiver Entscheidungen, Wiesbaden (1978)

SCHELLING, T.C.: Bargaining, Communication, and Limited War, in: Journal of Conflict Resolution, 1, S. 19-36, (1957)

SCHELLING, T.C.: Experimentelle Spiele und Verhandlungstheorie, in: SHUBIK, M. (Hrsg.): Spieltheorie und Sozialwissenschaften, Hamburg, S. 325-338, (1965)

SEN , A.K.: Preferences, Votes and the Transitivity of Majority Decisions, in: Review of Economic Studies, XXXI, S. 163-165, (1964)

SEN, A.K.: A Possibility Theorem on Majority Decisions, in: Econometrica, XXXIV, S. 491-499, (1966)

SEN, A.K.: Quasi-Transitivity, Rational Choice, and Collective Decisions, in: Review of Economic Studies, XXXVI, S. 381-393, (1969)

SEN, A.K.: Collective Choice and Social Welfare, San Francisco (1970a)

SEN, A.K.: Interpersonal Aggregation and Partial Comparability, in: Econometrica, XXXVIII, S. 393-409, (1970b)

SEN, A.K.: Choice Functions and Revealed Preference, in: Review of Economic Studies, XXXVIII, S. 307-317, (1971)

SHACKLE, G.L.S.: The Nature of the Bargaining Process, in: DUNLOP, J.T. (Hrsg.): The Theory of Wage Determination, 2. Aufl., London, S. 292-314, (1964)

SHAPLEY, L.S.: A Value for n-Person Games, in: KUHN, H.W., and TUCKER, A.W.(eds.): Contributions to the Theory of Games, II, Princeton/ N.J., S. 307-317, (1953)

SHERIF, M.: In Common Predicament: Social Psychology of Intergroup Conflict and Cooperation, Boston, (1966)

SIEGEL, S., and FOURAKER, L.E., Bargaining and Group Decision Making, New York-Toronto-London, (1960)

SIMON, H.A.: A Behavioral Model of Rational Choice, in: Quarterly Journal of Economics, Vol. 69, S. 99-118, (1955)

SIMON, H.A.: On the Concept of Organizational Goal, in: Administrative Science Quarterly, Vol. 9, S. 1-22, (1964/65)

TISDELL, C.: Some Bounds upon the Pareto Optimality of Group Behaviour, Kyklos, Ed.1, S. 81-105, (1966)

TRISTRAM, K.J.: Aggregation von Präferenzordnungen durch Abstimmung, Meisenheim am Glan, (1974)

WALLENIUS, J.: Interactive Multiple Criteria Decision Methods: An Investigation and an Approach, Diss., The Helsinki School of Economics, (1975a)

WALLENIUS, J.: Comparative Evaluation of some Interactive Approaches Multicriterion Optimization, in: Management Science, Vol. 21, No. 12, S. 1387-1396, (1975b)

WALLENIUS, J. and ZIONTS, S.: Some Tests of an Interactive Programming Method for Multicriterion Optimization and an Attempt of Implementation, Discussion Paper, European Institute for Advanced Studies in Management, January, (1975)

WEBER, H.J.: Theoretische und experimentelle Bausteine der Verhandlungsforschung, in: SAUERMANN, H. (Hrsg.): Beiträge zur experimentellen Wirtschaftsforschung, Bd. VI, Tübingen (1976)

WIEDEMANN, K.: Streik und Streikdrohung, Darstellung und Kritik der theoretischen Beiträge zur Streikproblematik, Herford (1971)

ZELENY, M.: Compromise Programming, in: COCHRANE, J.L., and ZELENY, M. (eds.), Multiple Criteria Decision Making, South Carolina, S. 262-301, (1973)

ZELENY, M. and COCHRANE, J.L.: A Priori and A Posteriori Goals in Macroeconomic Policy Making, in: COCHRANE, J.L., and ZELENY, M. (eds.), Multiple Criteria Decision Making, South Carolina, S. 373-391, (1973)

ZEUTHEN, F.: Problems of Monopoly and Economic Warfare, London (1930)

ZIONTS, S. and WALLENIUS, J.: An Interactive Programming Method for Solving the Multiple Criteria Problem, Discussion Paper, European Institute for Advanced Studies in Management, March, (1974)